Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

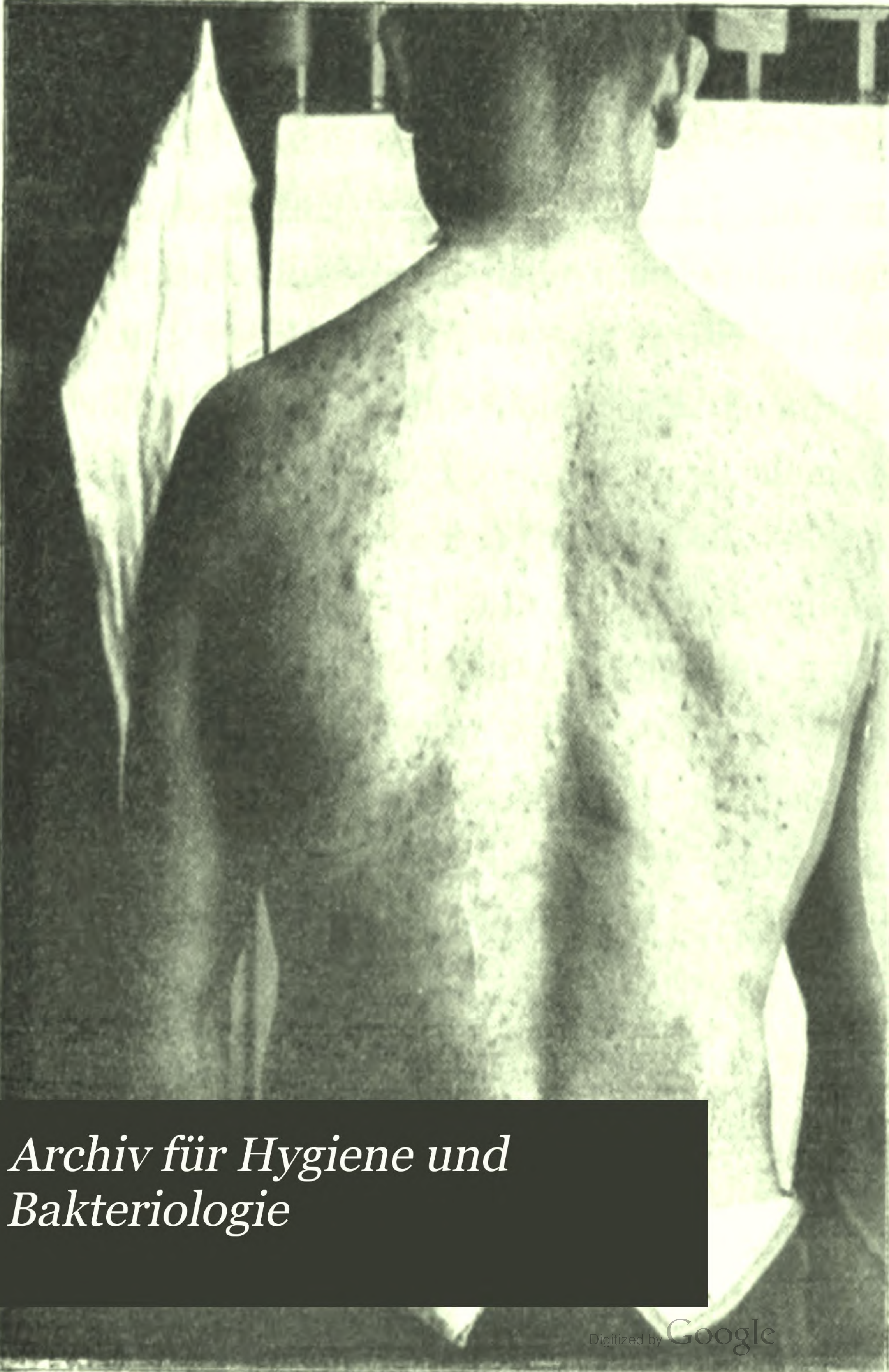
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



Archiv für Hygiene und Bakteriologie

Digitized by Google



PUBLIC
HEALTH
LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ARCHIV

FÜR

HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O. Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG MÜNCHEN LEIPZIG BERLIN.

SECHSUNDVIERZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND **BERLIN.**

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1903.

UNIV. OF CALIFORNIA

Digitized by Google

RA421
A75
v.46

~~BIOLOGY LIBRARY~~

PUBLIC
HEALTH
LIBRARY

Digitized by Google

Inhalt.

754917

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIV. OF CALIFORNIA

Das städtische Sielwasser und seine Beziehung zur Flufsverunreinigung.

Von

M. Rubner.

I.

Die Frage der Verunreinigung der Flüsse durch städtische Abgänge ist heutzutage von nicht geringerer Bedeutung als in den 50- und 60er Jahren des verflossenen Jahrhunderts und sie wird es auch bleiben, da mit der fortschreitenden Städtebildung die Massenbeseitigung der Abgänge zunehmen mufs, und naturgemäfs diese in den Flüssen die nächstgelegene Vorflut finden. Es scheint mir daher von Wichtigkeit, auf einige Fragen, die den Angelpunkt für weitere Untersuchungen bilden können und müssen, hier einzugehen. Diesen voraus mögen einige allgemeine Bemerkungen geschickt werden.

Der Inhalt des Begriffes Flufsverunreinigung hat im Laufe der Jahre mancherlei Änderungen erfahren, neben anderen Gründen namentlich deshalb, weil mit dem Wechsel der Anschauungen über die Infektionsgefahr durch Wasser auch die Ansprüche an die Methodik der Untersuchung, also die Art der festzustellenden Thatsachen eine andere wurde.

Herausgewachsen aus der Wahrnehmung sinnenfälliger und offenkundiger Verschmutzungen öffentlicher Gewässer, hat er

Digitized by Google

allmählich eine Ausdehnung genommen, die feinste, aller unmittelbaren Sinneswahrnehmung entrückte Veränderungen umfassen will.

In der Besprechung der nachstehenden Verhältnisse stütze ich mich wesentlich auf die Untersuchungen, welche in den letzten Jahren in meinem Institut ausgeführt worden sind, sowie auf die Erfahrungen und Eindrücke bei fachmännischer Besichtigung der Flufsverhältnisse der verschiedensten Gegenden.

Der Begriff Flufsverunreinigung wurde und wird im allgemeinen nur angewandt auf das fliefsende Wasser. Zwar gibt es auch eine Flufsverunreinigung durch Schlammbankbildung, diese aber ist immer vergesellschaftet mit dem unreinen Wasser, welches durch sein Sediment Ursache der Bankbildung gibt.

Aber diese beiden Komponenten des Flusses, das Wasser und sein Bett, müssen strenge auseinandergehalten werden. Die Reinheit des Wassers entspricht noch keinem reinen Flufsboden; ja, dieser schliefst, was viele Untersuchungen lehren, wie jeder Schlamm im Brunnen reichlichst Bakterien ein, während das darüberfliefsende Wasser äufserst keimarm sein kann. Auch im nicht verunreinigten Flufs unterlagern massige keimführende Schichten dem Wasser[1]).

In verschmutzten Flüssen lagern die Sedimente regellos verteilt, in dünnen und dichten Schichten bald frei, bald mehr in den natürlichen Boden, Sand oder Kies eingegraben[2]).

Die Schicksale dieses Sedimentes sind sehr mannigfaltige, denn es ist nirgendwo dauernd ruhig, sondern mehr oder minder ausgedehnt auf der Wanderschaft, die freilich langsamer vor sich geht als die des rinnenden Wassers darüber.

In seiner ersten Entwicklung entspricht dieser Flufsbodenschlick dem eigentlichen Sedimentierungsgebiet. Seine Lagerstätte ist kürzer wie das Flufsreinigungsgebiet der üblichen Definierung, das von der Menge der eingeschwemmten Substanzen,

1) Davids, Archiv f. Hygiene, XXIV, S. 220.

2) Spitta, Archiv f. Hygiene, Bd. XXXVIII, S. 160.

Digitized by Google

der Stromgeschwindigkeit und dem Profil des Flusses im wesentlichen abhängt.

In rasch fliefsendem Strom wird man das makroskopisch leicht erkennbare Sediment nur in der Nähe der Einleitungsstellen in gröfseren Lagern finden, bei langsamem Strom (0,1 bis 0,2 m pro 1'') ist die Häufung in Schichten auf weitere Strecken nicht zu verkennen. Im allgemeinen sind Beimengungen von Sedimenten beim Trocknen der Proben an der Farbenänderung leichter aufzufinden als beim frischen Material.

Das Sedimentierungsgebiet im Strom ist meist von nicht allzu grofser Ausdehnung. Bei den kleinen Stromgeschwindigkeiten der Spree kommen selbst mikroskopisch kleine Teilchen im gleichmäfsigen Laufe des Wassers nach annähernd 3 km Wegs zu Boden.

Der mechanische Zerfall gröberer Teilchen, oder die durch chemische Umlagerung und Macerierung eingeleitete Auflösung in feinsten Detritus verzögert die Klärung.

Das durch das Sielwasser erzeugte Sediment besteht zu einem ganz überwiegenden Teil aus sehr kleinen Körperchen, die gröfseren sind unter allen Umständen nur in sehr geringem Prozentsatz vorhanden. Das Sediment bietet also günstige Momente für die Wanderschaft.

Bei gleichmäfsiger Wassergeschwindigkeit kann zwar das Sediment weiter geschoben werden, über die Sedimentierungszone hinaus; wenn nicht Gasbildung oder mechanische Ursachen dazu kommen, mengt es sich nicht mit dem darüberfliefsenden »reinen« Wasser.

Aber namentlich mit steigender Wasserführung treten Störungen der Zustände ein. Die Schwemmwirkung des Grundstromes wird beträchtlicher, das Sediment beginnt eine Massenwanderung; dem flockigen Teile folgen die gröberen Partikelchen und die Beimengung der Teilchen zu dem Strom des überlagernden Wassers wird immer allgemeiner.

Eine Massenwanderung des Sedimentes bringt das Wachsen der Wasserführung des Flusses und sein Hochwasser. Es mag an dieser Stelle an den grofsen Gehalt solcher Hochwasserströme an schwebenden Teilchen erinnert sein.

Digitized by Google

Die Maas bei Lüttich[1]) führt in 1 l:

	Schwebestoffe	Gelöste Stoffe
höchster Gehalt	417,0	279,0
niedrigster Gehalt	1,8	86,2
der Rhein bei Hochwasser	249,0	246,0
Niedrigwasser	12,0	203,0

Das Sediment, durch Einleitung von Abwässern hervorgerufen, rückt auf unbekannte Strecken weiter, oder wird in der Masse des Wassers und der anderweitigen Schwebestoffe ins Unschädliche verdünnt und beseitigt.

Von stationären Verhältnissen des Untergrundes kann demnach keine Rede sein, und wenn einmal die Wassergeschwindigkeit gewisse Grenzen erreicht, so birgt der Strom an schwimmendem Material, was sich seit Monaten in einer Art Ruhezustand oder langsamster Wanderung befand.

Eine Begrenzung, wie weit die Reinheit des Flusses nach Einleitung von Abwässern gewahrt bleibt, läfst sich mit Rücksicht auf die Wanderung des Sediments und der Wiederaufschwemmung bei Strömen mit stark wechselnder Wasserführung überhaupt nicht geben.

Der Hochwasserstrom verteilt es aber auf sehr weite Strecken und gibt mitunter durch die mechanischen Verhältnisse und Sedimentierung seiner eigenen Schwebestoffe eine Ausscheidung der Schmutzstoffe, die praktisch einer definitiven Beseitigung des Sediments nahe kommt.

Neben der Wanderschaft des Sediments, die ich eben in allgemeinen Zügen schilderte, kommt aber noch aufserdem der auf biologische Prozesse zurückzuführende Schwund des Abgelagerten in Betracht. Nach einigen Literaturblüten, die sich das Sediment als Ablagerung von Sand und Kies vorstellen, möchte ich besonders betonen, dafs wir nicht nur a priori eine Zersetzung zu erwarten haben, sondern dafs man nirgendwo wenigstens beim langsamen Strom, die chemischen Zeichen der

1) S. bei König, Die Verunreinigung der Gewässer, Bd. I, S. 6.

Digitized by Google

biologischen Arbeit im Flufsboden vermifst, und dafs bei einigermafsen nennenswerten Ablagerungen die leicht zu sammelnden Gase die rege anaërobe Zerlegung der Stoffe und zwar in grofsem Umfange erkennen lassen[1]. Doch werden die bis jetzt noch viel zu wenig gekannte Fauna und Flora des Flufsbodens mancherlei Verschiedenheiten zeigen.

Eines aber ist sicher, dafs die hier im Untergrund ablaufende Cellulosegärung durch die biologischen Prozesse des strömenden Wassers nicht geleistet werden kann, und dafs die anaërobe Arbeit der Schlammassen nicht nur grofse Bedeutung im allgemeinen besitzt, sondern die Zerstörung des Eingeschwemmten vollkommener macht, als es die oxydative Spaltung allein vermöchte[2].

Wie weit sich die Wirkung sedimentierter Teile erstreckt, läfst sich auch im Einzelfalle mit voller Bestimmtheit nicht angeben. Da aber die Hauptbewegung dieser Massen im allgemeinen nur zu Hochwasserzeiten einsetzt, also zu Zeiten, wo überhaupt die allgemeine Abschwemmung der ganzen Oberfläche eines Drainagegebietes gegeben zu sein pflegt, und das Wasser auch dann aus diesen Gründen für jedweden Genufs sanitär am bedenklichsten erscheint, so gibt sie zu einer anderweitigen ungünstigeren Beurteilung keinen Anlafs.

Es kann aber durch Wiederablagerung eines solchen Sediments, sofern dasselbe durch leicht erkennbare und auf ihre Herkunft hin zu beurteilenden Objekte den Zusammenhang mit der Kanalisation einer flufsaufwärts gelegenen Stadt verrät, Grund zu Klagen gegeben werden.[3]

II.

Als Flufsverunreinigung im landläufigen Sinne ist immer die Verunreinigung des fliefsenden Wassers selbst angesehen worden,

1) Spitta, a. a. O.

2) Ob die anaërobe Vorarbeit in einem Faulraum bei dem biologischen Klärverfahren so niedrig einzuschätzen ist, wie gegenwärtig geschieht, scheint mir sehr zweifelhaft.

3) Solche Verhältnisse scheinen an der Isar unterhalb München vorzuliegen. Das Wasser dieses Flusses zeigt grofse und rasch eintretende Hochwasser, die in ihrer Spülwirkung sehr kräftig sind, aber mit sinkender Stromgeschwindigkeit die suspendierten Massen wieder ausscheiden.

Digitized by Google

überdies bietet die neuere wie ältere Literatur eine ganze Reihe experimenteller Untersuchungen für diese Art der Verunreinigung.

Dem Begriff der Flufsverunreinigung hat man ganz verschiedenartige Dinge unterlegt; es ist aber durchaus zu mifsbilligen, dafs einzelne Autoren ohne nähere Begründung und mit Übergehung der Thatsachen der historischen Entwicklung beliebige Annahmen machen.

Als eine Flufsverunreinigung mufs jede durch künstliche oder natürliche Beimengungen herbeigeführte Abweichung in der Zusammensetzung angesehen werden, welche den Gebrauchswert eines solchen Wassers merklich und in den seitens der Hygiene festgestellten bedeutungsvollen Bestandteilen verändert.

Eine Flufsverunreinigung kann temporär und permanent vorhanden sein; sie wird bei städtischen Abwässern eine permanente sein. Da ein Flufs in den meisten Fällen selbst keine konstante Zusammensetzung hat, sondern hierin sehr wechselnden Einflüssen unterworfen ist, und häufig schwankende Wasserführungen zeigt, so unterliegen die Grade, wie auch die Wegstrecken der Verunreinigung recht grofsen Schwankungen. Wir besitzen zur quantitativen Beurteilung dieser Frage keine geeigneten breiteren Unterlagen, wenn auch sicher ist, dafs bei gewissem Grade eines Hochwassers die Wegstrecke, auf welche hin die Verschleppung von Keimen eintritt, eine gröfsere sein mufs. Generelle Regeln lassen sich nicht aufstellen. Im allgemeinen hat man mit gutem Grund nur bei Niedrig- und Mittelwasser untersucht. Eine andere Frage ist es, inwieweit und nach welchen Richtungen hin ein öffentliches Interesse an dem Reinheitsgrad des Wassers vorhanden ist. In dieser Beziehung ruht das Schwergewicht der Frage auf den Grundsätzen, nach denen der Reinheitsgrad des Wassers für Genufs-, Gebrauchs- und gewerbliche Zwecke beurteilt wird, und auf speziellen örtlichen Besonderheiten, die bald dem einen bald dem anderen Momente mehr Gewicht verleihen.

Die ersten Untersuchungen auf diesem Gebiete hatten sich naturgemäfs solchen Vorkommnissen der Flufsverunreinigung

Digitized by Google

zugewandt, welche durch ihre sinnenfälligen Änderungen des Flufswassers der allgemeinen Aufmerksamkeit gewissermafsen sich aufdrängten. Die englische Flufsverunreinigungskommission war in der Lage, ihrem Berichte einige Zeilen anzufügen, die mit dem verschmutzten Wasser eines Flusses selbst geschrieben waren.

Die Unzulässigkeit derartiger Übelstände verstand sich von selbst und bedurfte keiner weiteren Begründung.

Naturgemäfs ging man dann dazu über, auch den Flufsverunreinigungen mittleren Grades die Aufmerksamkeit zuzuwenden und ihre Folgen zu überlegen. Hier erlaubte die chemische Analyse der Flufswässer, analog wie die Trinkwasseranalyse gehandhabt, ein anschauliches Bild der vorliegenden Veränderungen zu geben.

Zur Beurteilung von Brunnenwässern und ihrer Verunreinigung haben diese Methoden bereits recht brauchbare Resultate ergeben, und wenn man auch nicht überall auf Grund dieser analytischen Ergebnisse das Richtige in der Wertbemessung getroffen haben mag, so wäre es doch unangebracht, den Fortschritt im Wasserwesen leugnen zu wollen, welcher sich, gestützt auf solche Untersuchungen, vollzogen hat.

Bei der Untersuchung von verunreinigten Flüssen lagen aber die Verhältnisse anders. Zwar fügen die Verunreinigungen einerseits solche Substanzen zu, die nur eine quantitative Änderung der sonstigen Zusammensetzung herbeiführen, aber diejenigen Substanzen, die man beim Bodenwasser als Leitfaden zur Erkenntnis stattgefundener Wasserverunreinigungen ansah, wie Ammoniak und dessen Oxydationsstufen, spielten nicht die gleich wichtige Rolle. In der Feststellung dessen aber, was die Eigenart der Verschmutzung des Flufswassers ausmachte, gaben die Methoden keinen Aufschlufs.

Im Boden erzeugt die Zurückhaltung der festen Teilchen eines allmählich versickernden Schmutzwassers, dafs die Lauge, ihres widerlichen Aussehens entkleidet, in hoher Konzentration schliefslich dem reinen Grundwasser sich beimengt und Ausschläge in den analytischen Werten erzeugt, welche in einer einfachen

Digitized by Google

Mischung zwischen Kanal- und Flufswasser unerhörte Zustände der sinnenfälligsten Verschmutzung darstellen würde.

In dieser unverfälschten Mischung des Unrats mit dem Flufswasser liegt das wichtigste Moment der Verschiedenheit der beiden Vorgänge; schon bei verhältnismäfsig geringen Beimengungen und bei geringen Unterschieden im Gehalt an den herkömmlich analytisch festgestellten Substanzen kann die sichtbare Beimengung des flottierenden Materials, zwar klein an Masse, wohl aber von erheblicher optischer Wirkung sein.

Flufswasserverunreinigungen nachzuweisen, ist von Haus aus eine subtilere Aufgabe als eine Brunnenwasseruntersuchung, das Schwergewicht müfste naturgemäfs in der Feststellung gerade jener dem Sielwasser eigenartigen Komponenten, der Schwebestoffe, speziell der organischen Bestandteile liegen, die bei den Bodenwässern durch Absorption und Filtrationswirkung des Bodens eliminiert sind.

Die Konsequenz, dafs die Flufswasseruntersuchungen von der Sielwasseruntersuchung ihren Ausgang nehmen müssen, hat man aber nicht gezogen. Man ist im wesentlichen bei dem analytischen Gange der Trinkwasseranalysen geblieben.

Was die anorganischen Substanzen und die Anderung gelöster, näher charakterisierter Verbindungen anlangt, so ist die Brunnenjauche, wie sie an manchen Orten getrunken wird, und wenn man von den extremsten Fällen brutaler Verschmutzung der Flüsse absieht, zumeist konzentrierter als die durch Abwässer entmischten offenen Wasserläufe.

Für die chemische Trennung der Wasserbestandteile legte man die üblichen Methoden der Trinkwasseruntersuchung zu Grunde. So wurde im einzelnen der Gesamtrückstand des Wassers, die Chloride, Ammoniak, Salpetersäure, salpetrige Säure und als Bausch- und Bogenanalyse die »organischen Substanzen« mit Chamäleonlösung und ähnlichen Verfahren geprobt.

Die Grenzen der Genauigkeit sind auch dort, wo wohlcharakterisierte Verbindungen in Betracht kommen, natürlich beschränkte, zumal man vom beliebigen Konzentrieren der Flüssigkeiten durch Eindampfen keinen Gebrauch machen kann. So

Digitized by Google

kann dann schon eine 20- und 30-fache Verdünnung der Abwässer die Analyse im Hinblick auf die zumeist nur quantitativen Änderungen durch Verunreinigung und die natürlichen Schwankungen der Zusammensetzung des strömenden Wassers selbst oft sehr unsicher machen. Die Sammelbestimmung »organische Substanz« ist aber an sich ungenau und leidet an verschiedenen inneren Gebrechen.

Nun lassen sich zwar auch die flottierenden Massen bis zu einem gewissen Grade der Untersuchung unterziehen, aber merkwürdigerweise hat man doch hierauf nicht das Hauptgewicht gelegt. Vielfach hat man sogar von einer besonderen Analyse der schwebenden Partikelchen ganz abgesehen, und nur die Gesamtmenge vorhandener Stoffe oder nur das Gelöste untersucht, oder nur summarisch das Suspendierte, der Quantität nach vielleicht auch geschieden nach Organischen und Anorganischen, festgestellt. Schon hierdurch sind eine Reihe von Unsicherheiten und Ungleichheiten in die Versuchsresultate verschiedener Beobachter hineingekommen.

Die Vorgänge der Selbstreinigung der Flüsse, das hätte man sich sagen können, liefsen sich in dieser Weise nicht befriedigend lösen, so lange man nicht behaupten wollte, eine sechzehn- bis zwanzigfache Sielwasserreinigung sei keiner weiteren Reinigung bedürftig.

Das Schwergewicht hätte also von vornherein immer auf der Analyse des Suspendierten, — wenn schon gelöste Substanzen auch in Betracht kommen, liegen müssen. Das Suspendierte wird der Masse nach zwar auch durch die Verdünnung mit reinem Wasser unbedenklicher, bewahrt aber seine Natur doch ziemlich unverfälscht, da durch eine Verdünnung die Wirksamkeit einer schwebenden Substanz an sich nicht geändert wird.

Jede der oben genannten Methoden ist zwar genau genug, um die Frage zu beantworten, ob ein Flufswasser solche Änderungen durchmacht, welche es für technische Zwecke, namentlich nach dem Abkochen oder anderweitigen Infektionsgefahr verhütenden Methoden zum Genusse brauchbar erscheinen

Digitized by Google

lassen, vielleicht mit Ausnahme der Prüfung auf organische Substanzen, deren Natur zu unvollkommen sich sicher stellen läfst[1]).

Diese Begrenzung der Schärfe der chemischen Untersuchung erlaubt ihre Anwendung auf die Probleme der Flufsverunreinigung also nur in sehr beschränktem Mafse, eigentlich nur auf jene Fälle, welche sich hart innerhalb der Grenzen der Verunreinigung hält, welche man als äufserst zulässigen Grad, der die Fäulnis und unangenehmsten Erscheinungen eines Flufs- und Kanalmischwassers ausschliefst. Zu umgehen ist aber eine derartige Untersuchung keineswegs; sie gehört zu einer vollständigen Klarlegung der Verhältnisse unbedingt.

Späterhin hat sich die bakteriologische Untersuchung des Wassers einen unbestrittenen Rang erobert. Die chemische Untersuchung wurde sogar zeitweise ganz vernachlässigt, teils mit Recht, sehr oft auch aus mifsverständlicher Auffassung ihrer Bedeutung.

Gewifs ist, dafs die sogenannte Keimzählung für die Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege die Untersuchung an dem richtigen Ende anfafst, durch die Prüfung der Lebensbedingungen der Bakterien, zu denen viele Infektionsträger gehören. Je nach dem Bakteriengehalt des Abwassers und dem Reinheitsgrad des natürlichen Flufswassers wird man selbst noch Verdünnungen von 5000, auch darüber noch, auffinden können; eingeschränkt wird aber auch der Wert dieser Untersuchung durch den Umstand, dafs man nur kleine Wasserproben untersuchen kann, und dafs die Bakterienverteilung viel ungleicher ist als die der gelösten Substanzen. Der Einflufs der Wellenbewegung und Schiffsbewegung läfst sich in einzelnen Fällen schwer abschätzen; zufällige, dem Untersucher nicht bekannte Zuflüsse unreiner Wässer, welche namentlich bei Durchforschung weiter Flufsstrecken nicht von der Hand zu weisen sind, Schwankungen der

1) Es ist nicht auszuschliefsen, dafs weitere Fortschritte auch auf diesem Gebiete gemacht werden und die Auffindung einzelner charakteristischer Reaktionen verunreinigender Zuflüsse der Methodik eine Förderung bringt. Von den bis jetzt gemachten Vorschlägen läfst sich das aber noch nicht sagen.

Digitized by Google

Wasserführung können Störungen herbeiführen, so dafs man in der Anforderung an die Zahl der notwendigen Einzeluntersuchungen immer mehr in die Höhe gegangen ist.

Man darf aber vor allem nicht vergessen, dafs es sich bezüglich des Studiums der Bakterien im Wasser nicht nur um physikalische, sondern auch um biologische Vorgänge handelt.

Meist wird die Bakterienflora des Wassers mehr oder minder als tote schwimmende Masse behandelt und dem Umstande, dafs die Nährwerte im Kanalflufswassergemisch selbst zur Wucherung harmloser Wasserparasiten führen können, keine Rechnung getragen.

Das langsame Zurückgehen der Bakterienzahl in einem vorher verunreinigten Wasser kann, wenn man die Anspruchslosigkeit saprophytischer Wasserbakterien ins Auge fafst, unter Umständen eine recht nebensächliche Bedeutung haben, und für allgemeine Mafsregeln auf dem Gebiete der Sanitätspolizei von untergeordneter Bedeutung sein.

Wenn man auch die Abwässer in vollkommen sterilem Zustande dem Flusse übergeben würde, so könnte eine Änderung der Bakterienzahl nicht wohl ausbleiben, da die im Sielwasser enthaltenen Nährstoffe den Wassersaprophyten unbedingt zu Gute kommen würden, denn auch das durch Thonfilter filtrierte Abwasser ist ein vorzüglicher Nährboden. Die mit Kalk geklärten Abwässer gehen nach dem Ausfallen des ersteren durch die Luftkohlensäure schnell in ihrer Keimzahl in die Höhe, und wenn man nicht Fäulnisvorgänge befürchten soll, mufs man auch bei solchen Wässern ziemlich hohe Grade der Verdünnung im Flusse anwenden.[1])

Will man das Kriterium wiedererlangter Reinheit des Wassers in dem Absinken der Keimzahl auf die Bakterienmenge vor der Verunreinigung erblicken, was im allgemeinen als richtig angesehen wird, so schliefst dies doch wieder eine Ungleichheit in sich, indem die Arten der Individuen bei diesem Vergleich verschiedene sein können.

---

1) Grether, Archiv f. Hygiene, Bd. XXVII, S. 189.

Digitized by Google

Der Bakterienreichtum des fliefsenden Wassers mufs ähnlich beurteilt werden wie der Keimgehalt der Brunnen; die Radikalkur des Brunnenschlusses, welche man früher schon wegen verhältnismäfsig geringer Keimzahlen vornehmen sollte, würde heutzutage kaum noch von Einzelnen empfohlen werden. Auch in Flüssen werden solche Mehrungen, wenn nur im übrigen die Wasserbeschaffenheit keine Bedenken erregt, als belanglos anzusehen sein.

Die Ergänzung derartiger Untersuchungen durch Artbestimmungen der Bakterien[1]) ist von einigen Beobachtern zwar nicht ganz unterlassen worden, hat aber doch nur eine sehr beschränkte Anwendung gefunden, wobei sich im allgemeinen gezeigt hat, dafs das Verunreinigungsgebiet von Flüssen, nach diesem Kriterium beurteilt, weit kleiner ist, als nach dem Bakteriengehalt im allgemeinen früher angenommen worden ist.

In wasserarmen, langsamen Flüssen kann aufserdem die bakteriologische Untersuchung allein die allgemeine biologische Prüfung nicht entbehrlich machen und es steht zu hoffen, dafs wir durch die Kombinierung beider Methoden in vielen Fällen über das Wesen der Selbstreinigung und über die Differenzierung der chemischen Arbeit und die Beziehungen der Organismen untereinander weitere Aufschlüsse erhalten.[2])

Die Kriterien des Bestehens einer Flufsverunreinigung lassen sich also auf mannigfachen Wegen erbringen, und diese verschiedenen Wege müssen im Einzelfall auch beschritten werden. Zu wünschen bleibt, dafs die allzu fragmentarische Behandlung dieser Fragen in Zukunft mehr vermieden wird.

Im allgemeinen unterrichten uns die Untersuchungen über Flufsverunreinigungen und deren Schwinden, über einige chemische und bakteriologische Thatsachen, die noch recht unvollkommen

1) Klett, Über Flufsverunreinigung. Dissertat., Berlin 1893. Hammer Hygien. Rundschau, Bd. VII, S. 529.

2) An dieser Stelle mag auf die umfangreichen Untersuchungen von Kolkwitz und Marsson, sowie Thum, »Mitteilungen der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung«, 1. Heft, 1902, verwiesen sein.

Digitized by Google

ein Bild der biologischen Verhältnisse zu konstruieren erlauben; in vielen Fällen mangeln wesentliche Bruchstücke zu einer den naturwissenschaftlichen Bedürfnissen befriedigenden Erklärung.

Noch viel lückenhafter sind aber die Kenntnisse, wenn man an die Beurteilung des Befundes im Sinne der öffentlichen Gesundheitspflege herantritt; und doch ist die Frage, welche Verunreinigung ist schädlich, und wie weit erstrecken sich die nachteiligen Folgen, die wichtigste.

So haben denn vielfach die Meinungen in dieser Materie einen allzubreiten Boden eingenommen, und da diese, auf allerlei Analogieschlüsse gegründet, einer festen naturwissenschaftlichen Basis entbehren, ein höchst unbefriedigendes Hin- und Herschwanken des Urteils von einem Extrem ins andere nach sich gezogen.

Meinungen und Verschiedenheiten theoretischer Auseinandersetzungen sind an sich unbedenklich und geradezu förderlich für die Entwicklung des Wissens, so lange sie nicht zu praktischen Schlufsfolgerungen mifsbraucht werden und durch ihre Herrschaft in der Sanitätspolizei zu allerlei Erschwerungen in der Ausführung der Entwässerungsaufgaben führen.

Wie man früher in der Abgrenzung der Flufsverunreinigungszonen zu kurz gegriffen hat, ebenso sicher ist, dafs man später darin, was die praktische Beurteilung anlangt, zu weit gegangen ist, wenn man, um Krankheitsverbreitung durch Flufswasser auszuschliefsen z. B. die dauernde Desinfektion der gesamten Abwässermassen oder von amtlicher Seite eine Beseitigung der Bakterien auf 300 per 1 ccm im Sielwasser verlangte.

Ebensowenig läfst es sich als einen wohlfundierten Grundsatz ansprechen, dafs die Bakterienzahl eines Flusses ihren ursprünglichen Wert vor der Verunreinigung wieder erreicht haben müsse, um sanitär als befriedigend betrachtet zu werden. Für die saprophytischen Keime liegen ja ganz andere Verhältnisse vor als für jene bei Flufsläufen in Betracht kommenden Infektionserreger. Ein Mehr an Keimen, vorausgesetzt dafs dieses keinen allzugrofsen Umfang annimmt, kann und wird sich biologisch auf recht unbedenkliche Veränderungen des Wassers, oder selbst auf

Digitized by Google

die Wirkung bereits abgelaufener Ernährungsbegünstigung zurückführen lassen.

Zu einer genaueren Beurteilung der Infektionsgefahr, die übrigens nicht nur die absolute Möglichkeit, sondern auch die Wahrscheinlichkeit der Infektion abschätzen mufs, fehlen uns die wesentlichen Grundlagen: Anschauungen über die quantitativen Verhältnisse der Ausscheidung der Krankheitserreger, über die Wirkungen des Sielsystems auf dieselben, sowie über die Verteilung und Erhaltung im Flusse.

Nur eines steht absolut sicher, dafs im fliefsenden Wasser kein Wachstum derselben anzunehmen ist, und dafs deshalb die Sedimentierung von grofser Bedeutung für die Beseitigung dieser Keime sein mufs; für den Bodenschlamm läfst sich aber nicht wohl dasselbe behaupten. Für Cholerabakterien haben bei den Untersuchungen Wernickes in meinem Laboratorium dargethan, dafs Wasser und Boden sehr ungleiche Existenzbedingungen bieten, der letztere unzweifelhaft günstigere, und dafs sie sich hier lange halten. Wie weit dies für andere Krankheitserreger zutrifft, ist nicht sichergestellt, aber ein ähnliches Verhalten sehr wahrscheinlich.

Wir sind also hier bis auf weiteres auf epidemiologische Beobachtungen angewiesen und zumeist auf die weniger sichere Methode derselben, auf die casuistische. Diese sprechen im allgemeinen einer Verschleppung auf weite Strecken nicht das Wort.

Die Möglichkeit der Verschleppung von Infektionserregern kann innerhalb der Zone des gröfseren Bakterienreichtums des Wassers schon erloschen sein, in anderen Fällen und unter anderen Bedingungen aber wegen der Bedeutung der Flufsbodenschicht auch weiter reichen als die Reinigungszone im Wasser.

Man hat allmählich eingesehen, dafs bei offenen Wasserläufen niemand die volle Garantie ihrer absoluten Unschädlichkeit übernehmen kann. Dieser Grundsatz ist geeignet, die von mancher Seite gestellten allzu rigorosen Auffassungen über die praktische Seite der Flufsverunreinigung auf ein richtiges Mafs zurückzuführen.

Digitized by Google

III.

Ich komme nunmehr auf die Untersuchungsmethodik zurück und kann nicht verhehlen, dafs man diese für das Bedürfnis der praktischen Studien nicht zureichend ausgebildet hat.

Die ungelösten Stoffe hat man zu scheiden in die Schwimmstoffe und Schwebestoffe. Erstere bleiben auch in ruhendem Wasser an der Oberfläche, letztere fallen allmählich nieder. Die Schwimmstoffe haben diese Fähigkeit selten, weil sie von Haus aus leichter sind als Wasser (Fette, Schmieröle u. s. w.), meist ist es der Einschlufs von Luft, der die Schwimmkraft dauernd oder temporär bedingt. In vielen Fällen geht mit der Zerkleinerung der Massen die Schwimmkraft verloren.

Das spezifische Gewicht der Schwebestoffe ist meist gar nicht unbedeutend und würde ein alsbaldiges Ausfallen bedingen, wenn nicht durch Quellung in Wasser das Volumen vergröfsert und das mittlere spezifische Gewicht herabgedrückt würde.

Durch Gärung treten fortwährende Änderungen der Beschaffenheit ein, die unter allmählicher Lockerung des Verbandes ein Niedersinken der Teilchen begünstigen.

Schwimmstoffe aus Fett gehen im Wasser bald durch die Umwandlung in Säuren und Kalkbindung in Schwebestoff über und sedementieren.

Wenn man sich nicht ausschliefslich von theoretischen Erwägungen leiten lassen will, mufs man bekennen, dafs von allen Bestandteilen des Kanalwassers die Schwimm- und Schwebestoffe diejenigen sind, auf deren Berücksichtigung bei den Fragen der Abwässerbehandlung das Hauptinteresse fällt.

Sie geben dem Schmutzwasser das charakteristische Gepräge und begreifen thatsächlich einen grofsen Teil der vorhandenen Substanzen in sich; zur Orientierung sei hier angefügt:

1 l enthält mg[1])

	Schwebestoffe		Gelöstes	
	unorgan.	organ.	im ganzen	Glühverlust
Schwemmkanalis.-Städte	271	446	1161	365
Nichtschwemmkanal.-Städte	264	346	975	313

1) König, Die Verunreinigung der Gewässer, II, S. 8.

Digitized by Google

Die schwebenden organischen Stoffe stellen also mindestens halb soviel an Masse dar als die gelösten Körper derselben Art. Nach den in meinem Laboratorium von Monti ausgeführten Analysen von Berliner Sielwasser haben wir sogar im Mittel pro l an Organischem:

suspendiert	gelöst	im ganzen
594 mg	253 mg	838

Ein quantitatives Ausscheiden aller organischen Schwimm- und Schwebestoffe würde an sich den Unreinheitsgrad des Sielwassers von rund 100 auf 30 sinken lassen. Thatsächlich verdanken wir dieser Schwebestoffbeseitigung die Hauptseite der Flufsreinigung, speziell auch in bakteriologischer Hinsicht. Die Anwesenheit der Schwimmstoffe gibt am häufigsten Grund zu Klagen über Flufsverunreinigung, sei es wegen der Beschaffenheit des Wassers selbst, sei es wegen der Bodenverschlammung.

Ohne ihre Beimengung werden unzweifelhaft die Klagen über die Flufsverunreinigung geringe, denn wie schon bemerkt, ist die Beschaffenheit von Brunnenwässern, die von der Bevölkerung anstandslos getrunken werden, eine oft sehr abweichende von reinem Wasser.

Das englische Gesetz über die Flufsverunreinigung hat daher mit Recht den Verunreinigungsgrad durch suspendiertes Material als etwas Wesentliches angesehen. Klagen über die Flufsverunreinigung, nachdem eine volle Klarheit des Wassers wieder eingetreten ist, gehören zu den gröfsten Seltenheiten, insoweit sie erhoben worden sind, beziehen sie sich auf die trotz Klarheit des Wassers unter Umständen keineswegs behobene Infektionsgefahr.

Ein mit Schwebestoffen noch verunreinigtes Flufswasser mufs auch vom Standpunkt der Infektionsgefahr anders eingeschätzt werden als ein solches, welches fast völlig von ihnen sich gereinigt hat. Das Gebiet der Schwebestoffe umfafst nur einen kurzen Teil der Selbstreinigungszone eines Flusses; jedes Teilchen vereinigt in sich reichliche Bakteriennester und bietet

Digitized by Google

den Mikroorganismen einen besseren Schutz gegen schädliche Einflüsse als freischwebende Bakterien ihn besitzen.

Die praktischen Erfahrungen lehren, dafs die Beseitigung der Hauptmasse der Schwebestoffe allein in vielen Fällen genügt, um die Nachteile einer Flufsverunreinigung zu verhüten.

Man ist in neuerer Zeit geneigt, der Einleitung von Abwässern in Flüssen mit grofser Wasserführung weniger Schwierigkeiten zu bereiten wie früher, indem man einen gröfseren Wert auf die Beseitigung, wenigstens der schwimmenden Teile legt. Ich meine, man hat in der That allen Grund, in dieser Weise vorzugehen [1]).

Die hier angedeuteten Gründe dürften genügen, dem Studium der Schwebestoffe mehr Bedeutung beizulegen als es bisher geschehen ist.

Erst in zweiter Linie, nach dem Suspendierten kommen die organischen gelösten Beimengungen des Kanalwassers in Betracht, deren Menge und Art beim Durchgang durch den Boden bekanntlich gleichfalls beeinflufst, vermindert und verändert wird.

Stellt somit die Feststellung der schwebenden Teilchen eine wesentliche Aufgabe der Flufswasseruntersuchung dar, so ist die gewöhnliche Art, diese schwebenden Stoffe zu gewinnen, vielfach recht unbefriedigend.

Von einer Filtration durch Papier kann man die Zurückhaltung von Bakterien überhaupt nicht erwarten, wenn diese eben nicht an gröberen Stückchen anderweitiger Objekte hängen. Aber auch kleine Flöckchen, die nicht bakterienfrei sind, können sich der Filtration entziehen. Es gibt Fälle, in denen man über 30% von dem Suspendierten durch die Papierfiltration nicht zurückzuhalten vermag [2]). Ein vierter Übelstand liegt in der Langsamkeit der Filtration und der allmählich sich voll-

1) Es ist üblich, die Siebung des Sielwassers und die Sedimentierung (Ausscheidung der Schwimmstoffe) als gleichwertige Methode zu betrachten; es ist aber ein Beweis dafür nicht erbracht. Schon die physikalischen Gründe der Scheidung sind sehr verschiedene. Das Irrige obiger Annahme wird durch neue Untersuchungen meines Laboratoriums näher erwiesen werden.

2) Wenn nämlich überhaupt nur fein verteiltes Material vorliegt. Bessere Resultate geben Hartfilter bei starkem negativen Druck.

Digitized by Google

ziehenden Zersetzung, falls nicht durch Sterilisierung in irgend welcher Form ein Hindernis für die weitergehende Fäulnis gegeben ist.

Es fehlt also zur Zeit an ganz befriedigenden Methoden, welche die vorliegenden Lücken ausfüllen.

IV.

Wenn man an die Untersuchung der Schwimm- und Schwebestoffe gehen will, so mufs man wie noch näher dargelegt werden soll, auseinanderhalten, welche Fragen vorliegen.

Es kann einmal die Aufgabe gestellt sein, die durch Sielwässer überhaupt entstehenden, dem Flufs zu übergebenden Mengen nachzuweisen, oder es kann sich darum handeln im Laufe eines Flusses das allmähliche Verschwinden der Schwimmstoffe näher zu verfolgen.

Wenden wir uns zunächst der Untersuchung des Sielwassers zu, so wird es zweckmäfsig sein, einige Betrachtungen über die Natur der Sielwässer überhaupt vorauszuschicken.

Es ist herkömmlich, der Untersuchung des Sielwassers selbst so wenig Bedeutung beizulegen, dafs man in speziellen Fällen der Begutachtung es nicht der Mühe wert findet, durch besondere Analysen eine feste Grundlage zu schaffen. Man stützt sich auf Durchschnittszahlen von Analysen, die für einen gegebenen Fall oft gar nicht anzuwenden wären, wenn man auch nur die Bedingungen der Analysenerhebung kennen würde.

Es mag unangenehm und unbequem sein, solche analytische Erhebungen zu machen, notwendig sind sie doch; man mufs das Ausgangsmaterial einer befürchteten Verunreinigung kennen, und das Material, an dem man bessern und reinigen will, zunächst studieren.

Ehe wir hierauf näher eingehen, wird es zweckmäfsig sein, einige der Komponenten des Sielwassers näher auf ihre Bedeutung zu betrachten.

Von den Ausscheidungsstoffen der Menschen und Tiere, welche zur Mehrung der suspendierten Bestandteile im Sielwasser beitragen, kommt im wesentlichen der Kot in Betracht,

Digitized by Google

es ist aber durchaus falsch, wie das oft genug geschehen ist, die ganze Masse der Kotbestandteile als Quelle der Suspendierten anzusehen. Wenn man also glattweg den Gesamtkot als Schwebestoff in Rechnung zieht, so widerspricht das durchaus den thatsächlichen Verhältnissen.

Nur ein bestimmter, allerdings wechselnder Teil ist nicht wasserlöslich und die Quelle der Suspendierten.

Was die Wasserlöslichkeit des Kothes anlangt, so enthält die Literatur darüber keine zuverlässigen Angaben. Ich habe, um einigermaſsen die Varianten zu bestimmen, eine Probe eines Kotes von hohem Trockengehalte (A) und eine andere von einem dünnen Stuhl untersucht (B). Das Filtrieren des mit Wasser Ausgelaugten geschah durch Thonfilter, dabei wurde gefunden:

Es ist von 100 Tl. Menschenkot löslich:

	A	B
feste Substanz	13,6 Teile	23,1 Teile
N	9,8 »	37,6 »
Verbrennliches[1]) weniger als	9,6 »	16,6 »

Zwischen dem festen und dem breiigen Kot war insofern noch ein wichtiger Unterschied, als der erstere beim Schütteln mit Wasser weit weniger Suspendiertes lieferte als der dünne Kot. Von 100 Tl. gingen in Suspension:

A: 20,8 %,
B: 42,2 %.

Es liegen also auch innere Gründe der Zusammensetzung vor, welche dem Sielwasser mehr oder minder schwimmende Teile zuführen, die Menge der schwimmenden, in den Sandfängen u. dergl. nicht zur Abscheidung gelangenden Substanzen kann um das Doppelte variieren.

Es wäre also recht wünschenswert, wenn man über derartige Unterschiede, wie ich sie hier zuerst gesehen, nähere Aufschlüsse hätte. Nach meinen Erfahrungen über die Ausscheidungen bei verschiedenartiger Ernährung dürften sich je nach

1) Substanzen im Kalorimeter verbrannt.

Digitized by Google

der Art der Verköstigung nicht unerhebliche Unterschiede herausstellen, die vielleicht auch, da die Volksernährung doch einen gewissen Durchschnittstypus hat, lokale Verschiedenheiten im Sielwasser bedingen könnten.

Die Suspendiertes liefernde Substanz ist also im wesentlichen der Kot, wenn auch nicht in dem Mafse als man ihn gewöhnlich als solche anzusehen pflegt. Ich möchte an dieser Stelle nicht verfehlen, darauf hinzuweisen, dafs die in der Literatur sich hinschleppenden Zahlen über die durchschnittliche Kotausscheidung einer gemischten Bevölkerung, welche von einem Werke an das nächstfolgende übernommen werden, keineswegs ganz fehlerfrei sind, und dafs die daraus gezogenen Schlufsfolgerungen über den Anteil des Kotes an den Gesamtverunreinigungen des Sielwassers demgemäfs auch einer Nachprüfung bedürftig sind, umsomehr allerdings, als die durch ein Sielnetz entleerten Schmutzstoffe auch nicht annähernd zuverlässig festgestellt sind, so wichtig eine solche Bilanz auch wäre.

Die vielfachen Zusammenstellungen über den Kot und Harn lassen meist die näheren Grundlagen, auf denen sie fufsen, nicht erkennen und mochten daher als meist ungefähre Näherungszahlen Verwendung finden.[1]) Die Angaben von Lehmann, Kerner, Vogel fufsen nicht auf eingehender kritischer Betrachtung aller einschlägigen Verhältnisse oder entsprechen aus anderen Gründen nicht mehr den genannten Anforderungen.

Es gibt zwei Wege, auf denen man eine Rechnung über den Verlust an Harn und Kot anstellen kann.

Der eine benützt den mittleren Nahrungsbedarf einer Bevölkerung, der sich auf Grund unserer heutigen genaueren Kenntnis der Ernährung durch Rechnung festellen läfst, und der gleichzeitig eine Kontrolle erhält durch den auf statistischem Wege gefundenen Nahrungskonsum.[2]) Zu gleicher Zeit ist bekannt, wie grofs im Durchschnitt der Verlust durch Harn und Kot bei mittlerer Kost sich stellt. (Physiolog. Nutzeffekt der Nahrung.)

---

1) Nähere Litteraturangaben finden sich bei Fischer, Das Wasser 1902, S. 99.

2) Rubner, Leydens Handbuch der Ernährungstherapie.

Digitized by Google

Der mittlere Nahrungsverbrauch pro Kopf der Bevölkerung beträgt nach meinen Untersuchungen:

88 g Eiweifs 56 Fett 342 Kohlehydrat.[1])

Hieraus folgt als Verlust von Kot 138,5 Kal.

von Harn 99,4 »

Auf anderen Voraussetzungen beruht folgende Rechnung: Man sucht festzustellen, wie viel an Nahrungsstoffen im Mittel pro 1 qm Oberfläche verbraucht wird.

Die Veröffentlichungen der statistischen Jahrbücher 1902 lassen übersehen, welch' ein Anteil der Bevölkerung gröbere mechanische Arbeit leistet, im Sinne der »Arbeiter« der Ernährungsphysiologie.

Legt man dann den Aufbau einer Bevölkerung zu Grunde (Meyer, Gesetzmäfsigkeit im Gesellschaftsleben), so findet man als Gesamtmittel des gesuchten Wertes pro 1 qm 1372 Kal.; das mittlere Gewicht einer Bevölkerung ist 45 Kilo pro Person.

Die Ausscheidung des mittleren Arbeiters ist nach den Berechnungen auch als Mittelwert zu Grunde zu legen. An zweiwöchentlichen Versuchen sind bei zwei Personen diese Ausscheidungen bei mittlerer Kost genau bestimmt worden. Für das »Volksmittel« gerechnet, geben diese Zahlen pro Tag:

Trockener Kot	23,7 g	21,8 g organisch	1,74 g N	125,4 Kal.[2])
» Harn	56,6 g	43,2 g »	13,85 »	114,7 »
	80,3 g		15,59 g N	240,1 Kal.

Von den 13,85 g N des Harns entfallen nach neueren Bestimmungen 88% auf die Harnstoffgruppe,

so dafs von 114,7 Kal.

für Harnstoff 66,0 Kal. abgehen und

48,7 Kal. auf andere komplizierte Produkte entfallen.

Da man füglich den Harnstoff nicht als eine beachtenswerte Gruppe organischer Verbindungen ansehen kann, da derselbe

1) = 2281 Kal. = 2380 Kal. Gesamtverbrennungswärme der ursprünglichen Nahrung. Tägliche Aufnahme 14,0 g N, wovon 12,4 g im Harn. 1 g N im Harn = 8,02 Kal., 5,82% der Gesamtzufuhr erscheint als Verlust im Kot.

2) Dies geht mit der Ableitung aus der Berechnung I genügend überein.

Digitized by Google

bald mit einer Umwandlung in kohlensaures Ammoniak ein vorläufiges Ende seiner Zersetzung findet, so treffen in g pro Kopf der Bevölkerung an Stoffen überhaupt:

	aschehaltig	organisch	N	Kal.
Kot	23,7	21,8	1,74	125,4
Harn	30,5	17,1[1])	1,60	48,7
	54,2	38,9	3,34	174,1

Von den organischen Teilen des Kotes würden im Mittel rund 87 % vom N $^3/_4$ unlöslich bleiben und als Schwebestoffe in Betracht kommen; demnach rund 19 g täglich mit 1,33 N an Organischem.

Mit diesen Berechnungen geht von älteren Angaben noch am besten jene von Heiden zusammen, da dieselbe[2])

30,3 g organ. Substanz aus Kot,
63,0 » » » aus Harn

pro Tag ergab, gegenüber 21,8 g Kot und 43,7 g Harn nach meiner Angabe.

Ich bin daher der Anschauung, dafs man die menschlichen Abgänge nach ihrer durchschnittlichen Masse überschätzt und namentlich die Bedeutung des Harns nicht richtig beurteilt hat.

Niemand wird weiter der Anschauung sein, dafs das Entleerte quantitativ dem Siel übergeben wird, und das im Siel Übergebene gelangt auch nicht völlig zum Ablauf, da in den Sandfängen u. s. w. gewisse Mengen zurückgehalten und anders entfernt (abgefahren) werden.[3])

Die oben niedergelegten Zahlen gelten im wesentlichen nur für Berliner Verhältnisse; die Volksernährung bietet mancherlei Unterschiede, auf welche hier nicht näher einzugehen ist.[4])

1) Diese sind als Nährstoffe ziemlich minderwertig, da sie bis zu Ammoniak umgewandelt, rund $^1/_2$ ihrer Energie abgeben können.

2) Die menschlichen Exkremente. 1882, Hannover.

3) Nähere Angaben finden sich bei Schreiber. Archiv f. Hygiene, Bd. XLV, S. 295.

4) Berliner Sielwasser beträgt pro Kopf und Tag 113 l — ohne Verluste durch Notauslässe. — Der Gesamtrückstand 1,582 × 113 = 178,7 g pro

Digitized by Google

Ähnlich den festen Ausscheidungen des Menschen verhält sich der Kot der Pflanzenfresser; auch hier kommen mehr oder minder reichlich wasserlösliche Bestandteile vor. Ich habe, um einen Anhaltspunkt zu gewinnen, in ähnlicher Weise, wie oben berichtet, Pferdekot untersucht.

Von 100 Teilen waren löslich:

an Trockensubstanz	17,2 %
vom N	21,6 %
vom Verbrennlichen überhaupt	17,8 %.

Der anfallende Tier- und Menschenkot erfährt also, soweit er sich nicht geballt hält, eine Auslaugung, und diese Substanzen sind alle von gröfster Bedeutung schon wegen der Eigentümlichkeit, übelriechende Körper einzuschliefsen, aber auch deshalb, weil diese weiter zerfallen, denn sie sind thatsächlich komplizierter Zusammensetzung und einer weiteren Zerlegung fähig und Nahrungsmaterial für Bakterien.

Die durch die Wirkung des Sielstromes herbeigeführte Zerkleinerung erreicht bei verschiedenen Kotsorten verschiedene Grade, namentlich sind zwischen dem Kot der Menschen- und Pflanzenfresser grofse Unterschiede vorhanden. Diese Unterschiede haben nicht allein für die äufsere Beschaffenheit des Sielwassers Bedeutung, sondern sind namentlich auch für die Geschwindigkeit des Absinkens von grofsem Werte.

Man schätzt die Abgänge von einem Stück Grofsvieh ungefähr auf 36 Mal[1]), so grofs wie die einer »Person« im Durchschnitt; über den nach den Sielen gehenden Anteil läfst sich auch nicht annähernd eine Schätzung ausführen, indem der »Dünger« gröfstenteils gesammelt und abgefahren wird.

Von den übrigen Substanzen, die als Suspendiertes anzusehen sind, wären noch die Kalk- und Magnesia-Seifen zu erwähnen.

Kopf und Tag nach Analysen von Monti, bei 23,7 g trockenem Kot = 13,2 %.

Das gesamte organische Material	**0,838 × 113**	**= 94,7 g,**	
	vom Kot 21,8	**= 23,0 %.**	
Das Suspendierte organisch	**0,594 × 113**	**= 67,0 g,**	
	vom Kot 19	**= 25,4 %.**	

1) **König, a. a. O., Bd. II, S. 13.**

Digitized by Google

Freie Natron- oder Kalkseife sind im Kanalwasser nicht enthalten; auch dort, wo sehr weiches Wasser zum Waschen benutzt wird, wird durch Seife selten der gesamte Kalk ausgefällt; und noch weniger ist dieses dann im Sielwasser der Fall.

Die Natur der sonstigen ungelösten Substanzen ist zu wenig gekannt, um eine nähere Besprechung anzuknüpfen; allenfalls läfst sich noch auf den bemerkenswerten Gehalt an Papier verweisen, das seinen Weg nach dem Siel findet; ferner auf den grofsen Fettgehalt des Sielwassers, welche Verhältnisse von Dr. Schreiber einer eingehenden Untersuchung unterzogen worden sind[1]).

Von den gelösten organischen Stoffen kommen nach obiger Darlegung nicht unerhebliche Mengen in Betracht, welche aus dem Kote stammen.

Den überwiegenden Teil der organischen Stoffe der menschlichen und tierischen Abgänge macht der Harn aus.

Der Harn an sich wird kaum irgendwo zu störender Verunreinigung eines Wasserlaufes beitragen, wenn die Verdünnungsverhältnisse nicht aufsergewöhnlich gering sind; die Hauptmasse des Harns bildet Harnstoff bei Menschen, dessen Umwandlung in kohlensaures Ammoniak kaum als eine besondere Kalamität empfunden wird, der nicht als Harnstoff vorhandene N ist sehr gering. Ich halte es für unberechtigt, in Fragen der Flussverunreinigung den Harn in gleiche Linie neben die festen Abgänge zu stellen, wo die chemische Natur und die Menge der Substanz in Frage kommen.

Im Sielwasser wird offenbar bereits ein Teil des Harnstoffes zerlegt; nach einer alten Angabe von Lauth[2]) fanden sich im Pariser Abwasser in einem Liter:

an N:	14,7	mg	unlöslich,
	20,6	»	löslich,
	1,2	»	als Nitrat,
	8,4	»	als Ammoniak,
	38,0	»	insgesamt.

1) Archiv f. Hygiene, a. a. O.

2) Compt. rend., 84, p. 617.

Digitized by Google

Hiernach wären 22,1 % in maximo als zerlegt anzusehen.

Berliner Sielwasser durch Thonfilter filtriert, zeigte von 100 Teilen N:

7,8 % als NH_3 vorhanden.
1,7 % als NO_3H,
90,5 % in organischer Bindung [1])

nach meiner Untersuchung. Die Probe war also offenbar sehr frisch und wurde sofort nach der Entnahme durch Chloroform vor weiterer Zerlegung bewahrt. Die Spaltung des Harnstoffes wird aber alsbald nach der Mischung mit dem Flufswasser weiter um sich greifen.

Zur Erzeugung suspendierter Stoffe kann der Harn nur dann beitragen, wenn er völlig zerlegt, durch die auftretende alkalische Reaktion eine Fällung von Phosphaten u. s. w. herbeiführt. Im allgemeinen ist dieser Vorgang ohne erheblichen Belang.

Störungen durch Abwässer, die noch reich an Harnbestandteilen, namentlich solchen von Haustieren sind, kommen nur dort vor, wo man z. B. die »gereinigten Wässer« von Kläranstalten ohne alle Verdünnung weiter laufen läfst. Der Gestank, den solche Mischungen von Harn und Kotextrakt im Stadium der Fäulnis verbreiten, kann eine sehr unangenehme Plage für die Nachbarschaft sein.[2])

Scheidet man durch Thonfilter das Sielwasser, so fault die Flüssigkeit, aber ohne so übelriechend zu werden wie das Wasser mit den Schwebestoffen.

V.

Will man sich über die Menge und mafsgebenden Verhältnisse der Schwebestoffe unterrichten, so mufs man nach anderen Grundsätzen verfahren, als bis jetzt üblich war.

Die Bestimmung der schwebenden Substanzen, wie sie bis jetzt geübt worden ist, kann kein genügendes Bild der Verhält-

1) N-Bestimmung nach Kjeldahl, NH_3-Bestimmung nach Schlösing, NO_3H-Bestimmung nach Schulze-Tiemann.

2) Nicht selten sind Klagen dort, wo diese geklärten Flüssigkeiten unverdünnt eine längere Wegstrecke zurücklegen.

Digitized by Google

nisse geben. Die geschöpften Proben waren immer nur relativ kleine, nichts aber konnte ungleichartiger sein als die Art, wie man die Proben entnahm, und gerade hierauf kommt so gut wie alles an. Fast niemals findet man angeführt, wo und wie sie entnommen sind. Es ist mit Recht auch einmal schon von anderer Seite betont worden, dafs wahrscheinlich überwiegend Tagesproben untersucht worden sind, indes man von der unbequemen Probeentnahme des Nachts absah, wodurch sich auch ein richtiges Bild der städtischen Verunreinigungen nicht gewinnen läfst[1]). Bei der Probeentnahme wurde stets vermieden, irgend welche gröfsere Stücke schwimmenden Materials mit abzufangen, weil dadurch Ungleichheiten in die Analysen gekommen wären. Aber mit einem solchen Verfahren kann man eine wirkliche Vorstellung von der Beschaffenheit des Abwassers überhaupt nicht gewinnen, denn auch die gröberen Teile müssen mit berücksichtigt werden, nicht die feinen Schwimmstoffe (Schwebestoffe) allein gehören zur Analyse. Ich glaube nicht, dafs bisher überhaupt eine wirklich befriedigende Bestimmung der Menge der schwebenden Teile ausgeführt worden ist, welche ein sicheres Bild über die ganze Gröfse und den Umfang des schwimmenden Materials gibt.

Die Schwierigkeiten lassen sich überwinden durch ein Verfahren, welches ich zuerst festgestellt habe und das dann in einer gröfseren Untersuchung bereits in meinem Laboratorium geprüft worden ist.

Ehe ich hierauf näher eingehe, mufs ich auch noch die Anschauung als unrichtig zurückweisen, als wenn uns für praktische Zwecke schon genügend gedient wäre, falls nur die Summen der Schwebestoffe bekannt sind. Dem ist aber durchaus nicht so.

Von wesentlichster Bedeutung ist es für die Wirkung des Sielwassers auf den Strom, auch die physikalischen Verhältnisse, speciell die Gröfse der Teilchen näher kennen zu lernen.

Die Gröfse der Teilchen ist, gleiches specifisches Gewicht vorausgesetzt, mafsgebend für die Geschwindigkeit des Sedimentierens im allgemeinen und speciell im Flufswasser.

---

1) Fischer, Das Wasser, a. a. O.

Digitized by Google

Die Gröfse der Teilchen ist aber weiter von Wichtigkeit, wenn man sich über den Wert oder Unwert von mechanischen Reinigungsvorrichtungen, mögen es Klärbecken, Rechen, Siebe u. dgl. sein, unterrichten will. Es ist mir völlig unerfindsam, dafs man diesen Umstand so ganz aufser Augen gelassen hat.

Die gleiche chemische und bakteriologische Beschaffenheit des Wassers kann je nach den ungleichen physikalischen Bedingungen höchst verschiedenartige Aufgaben für die Reinigung stellen. In allen solchen Fragen spielen bis jetzt immer die aprioristischen Annahmen eine grofse Rolle, anstatt die direkten experimentellen Untersuchungen. Ohne die genauere Kenntnis dieser Dinge fehlt den verschiedensten Empfehlungen in der Literatur das richtige Fundament. Ich will hier nur nebenbei erwähnen, dafs auch die Beschaffenheit der Siele mancherlei ungleichartige Bedingungen in der Abschwemmung herbeiführt.

Die suspendierten Substanzen finden auf den vielverschlungenen Pfaden des Sielnetzes selbst oft einen Ruhepunkt.

Die periodische Reinigung, sowie die aperiodische durch den Regenfall kann, und zwar speciell die letztere mittels der Notauslässe, recht unbequeme Folgen haben. Im Jahre 1900 wurden in Berlin aus den Bassins der Pumpstationen 6447 cbm ausgehoben und aus den Kanälen 7843 cbm Schlamm entfernt.

Mit der Mischung von Kanalwasser und Flufswasser ist immer ein erhebliches Absinken des mittleren specifischen Gewichtes verbunden, wodurch die Sedimentierung beschleunigt wird.

Berliner Kanalwasser hatte 1013 spec. Gewicht, centrifugiert 1010; bei mehrfacher Verdünnung mit reinem Wasser werden die suspendierten Stoffe eine gröfsere Fallgeschwindigkeit gewinnen müssen.

Damit möchte ich nicht gesagt haben, dafs allein das physikalische Moment der Schwere ausschlaggebend ist; das mitunter starke Sinken der Temperatur beim Einströmen des Sielwassers in Flüsse könnte recht wohl auch als biologischer Faktor mitspielen, indem die Lebensenergie der Bakterien und die aus

Digitized by Google

ihr folgende Gasbildung, welch letztere bei vielen Teilchen den stärkeren Auftrieb bedingt, wesentlich herabgesetzt wird. Direkt geprüft ist allerdings dieses Moment bislang noch nicht.

Was die von mir eingeführte Methodik anlangt, so verweise ich des Näheren auf die im nachfolgenden mitgeteilten Untersuchungen Dr. Montis und gebe nur die allgemeinen Umrisse des Verfahrens.

Es legt den Hauptwert auf die Verwendung des Kanalwassers, wie es eben strömt, ohne irgendwelche Auswahl, und auf die Anwendung grofser Flüssigkeitsmengen. Das Sielwasser wird durch einen Siebsatz laufen gelassen und die Teile nach ihrer Gröfse geschieden, erst das abfliefsende, gleichmäfsig getrübte Wasser wird weiter zur Analyse benützt und einzelne Proben davon genommen und zu einer Mischprobe vereinigt. Es hat keine Schwierigkeit, auf diese Weise, 150 l und mehr von dem Kanalwasser zu prüfen. Die Untersuchung des Rückstandes auf dem Sieb und des abfliefsenden Wassers zusammen gibt eine richtige Vorstellung der Zusammensetzung.

Ich übergehe unter Hinweis auf die eingehende Arbeit Montis die einzelnen Ergebnisse derselben.

Neben der physikalischen Analyse hat die chemische Untersuchung des Materials natürlich eine grofse Bedeutung. Es wird weiteren Untersuchungen meines Laboratoriums vorbehalten, auch einschlägige biologische Fragen noch in Bearbeitung zu ziehen.

Das hierbei angewendete Verfahren erlaubt also ein genaues Bild der Masse von Schwimm- und Schwebestoffen zu geben und festzusetzen, mit welcher Art von Abwässern man es zu thun hat.

Es gestattet aber auch, den zu erwartenden Kläreffekt wirklich anzugeben, während man bis jetzt in solchen Fällen auf alle möglichen und unmöglichen Annahmen verfiel, ohne dem Techniker etwas Brauchbares an die Hand zu geben.

Naheliegende und wichtige Aufgaben sind, das Sielwasser unter praktischen Verhältnissen nach der genannten Methode auf seine

Digitized by Google

wechselnde Beschaffenheit zu untersuchen. Dies ist für die Berliner Verhältnisse bereits ausgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dafs $^9/_{10}$ aller suspendierten Materien so klein sind, dafs sie ein Sieb von 0,5 mm Durchmesser passieren, und dafs die störenden Schwimmstoffe durchweg gröfsere Dimensionen besitzen. Im einzelnen liegen manche Unterschiede vor, auf die ich nicht weiter eingehen will; auch chemische Unterschiede zeigen sich dabei.

Mit dem Eintritt des Sielwassers in den Flufs treten wesentliche Änderungen in der Verteilung dieser Massen ein, die auch methodisch eine verschiedene Behandlung erfordern.

Die grofsen suspendierten Schwebestoffe treten nach einer kurzen Wegstrecke des Sielwassers im Flusse überhaupt nicht mehr hervor. Für diese Fälle ist es daher schon leichter, eine Durchschnittsprobe zu gewinnen.

Man kann das vom Siel abfliefsende Wasser nach den bisher geübten Methoden auf die Schwebestoffe untersuchen; man hat dabei nur die schon früher gerügten Übelstände zu überwinden. Ich habe daher auch für diese Fragen feinster Verteilung der Schwebestoffe eine Methode ausgearbeitet, auf die ich im nachstehenden näher eingehen will, bemerke aber, dafs für bestimmte Fragen der Gehalt an Schwebestoffen in alter Weise festgestellt werden mufs.

VI.

Die zweite wichtige Untersuchungsaufgabe, von der ich oben sprach, betrifft den definitiven Verbleib der Schwimm- und Schwebestoffe im Flufswasser.

Sobald das Sielwasser in einen Flufs einströmt, verteilt es sich aufserordentlich bald so weit, dafs die einfache Beobachtung von der Beimengung nichts mehr aufzufinden vermag. Es wäre überflüssig, nähere Beispiele hierfür aufzuzählen, nur solche Stoffe, die specifisch leichter sind als Wasser, schwimmen sichtbar weiter, diese aber sollte man von vornherein durch einfache

Digitized by Google

Vorrichtungen beseitigen, dann würden die Klagen über die unästhetischen Wirkungen der Sielwassereinleitungen ohne weiteres sich mindern.

Aber es ist sehr wohl möglich, durch geeignete Untersuchungen die fein verteilten Schwimmstoffe im Flufswasser wieder aufzufinden. Hierzu dürfte freilich die oben für die Sielwasseruntersuchung benützte Methode in sehr seltenen Fällen notwendig und verwertbar sein, denn die gröberen Teile sind alsbald, das sagt schon die Augenscheinnahme, beseitigt. Aber es mögen Fälle vorkommen, wo man auf die Siebmethode zurückgreifen mufs.

Die Flufswasseruntersuchung auf Schwebestoffe wird im allgemeinen andere Wege gehen müssen.

Eine sehr wertvolle, nicht zu entbehrende Untersuchungsmethode, die ich zuerst auf das Problem der Flufsverunreinigung habe anwenden lassen, ist die Bestimmung der Planktons (Pseudoplanktons) mit dem Netze und die nachfolgende mikroskopische Analyse des Fanges. Da hierüber an anderer Stelle ausführlich berichtet worden ist, verzichte ich auf die weitere Darlegung der Verhältnisse[1]). Der Wert solcher Untersuchung kann nach den auch von anderer Seite gemachten Erfahrungen nicht mehr bezweifelt werden.

Bei langsam fliefsenden Strömen kommt auch der natürliche wahre Planktongehalt in Frage, wie die Verhältnisse an der Spree gelehrt haben.

An den grofsen wasserreichen, schnellfliefsenden Strömen spielt der natürliche Planktongehalt anscheinend keine Rolle.

Hier würde also die angeschwemmte Masse für sich abzufangen sein.

Auch in langsam fliefsenden Strömen genügt die Planktonmessung allein nicht zur Lösung aller die schwebenden Substanzen betreffenden Fragen, denn das Plankton macht auch, soweit wir bis jetzt übersehen, doch immer nur einen kleinen Bruchteil aller Schwimm- und Schwebestoffe aus. Die Wichtigkeit der Auf-

1) Spitta, Archiv f. Hygiene, a. a. O

Digitized by Google

gabe, die Schwebestoffe in ihrer Gesamtheit und bei kleinsten Mengen in den Flüssen über das heute übliche Mafs hinaus zu verfolgen, beschäftigte mich sehr lebhaft. Indem ich eine Verschärfung und Änderung dieser Methodik erstrebte, bin ich mit Ergebnissen bekannt geworden, welche zwar über eine Bestimmung der Schwimmstoffe hinauszugreifen erlauben, aber in einer Weise, welche für die Aufgabe des Studiums städtischer Flufsverunreinigungen nur willkommen sein konnte.

Als Ausgangspunkt diente ein Verfahren, das ich vor vielen Jahren zur Abscheidung von Bakterien aus Flüssigkeiten angewandt habe.

Vor Jahren habe ich angegeben, dafs sich zur Ausfällung suspendierten Materials besonders gut das essigsaure Eisen in der Siedehitze eignet[1]); im Laufe der Zeit habe ich eine Reihe wichtiger Beobachtungen mit dieser Methodik gemacht, auf deren Ergebnisse ich anderweit zurückkomme.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dafs man in allerkürzester Frist die suspendierten Massen in dieser Weise gewinnen kann.

Ich verwende Lösungen von Eisenchlorid und essigsaurem Natron bestimmter Konzentration, welche der Flüssigkeit beigemengt werden; sodann sterilisiert man eine Stunde im Dampfkochtopf, giefst ab oder centrifugiert und untersucht diesen Rückstand, der sich leicht trocknen läfst und zu anderweitigen Untersuchungen dienen kann.

Das essigsaure Eisen zerfällt bei der Erhitzung in colloidales Eisenoxydhydrat und dessen Flocken haben die Tendenz, sich mit dem, was sie einhüllen, schnell abzusetzen. Die zur Fällung nötige Menge Eisensalzes ist sehr klein und soll klein bleiben im Verhältnis zu dem Volumen der Flüssigkeit, um ein Entstehen schlecht filtrierender Sedimente zu verhüten.

Die essigsaure Eisenlösung für den Bedarf wird durch Mischung von Eisenchlorid und essigsaurem Natron jedesmal frisch bereitet.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI, S. 78. Wanderungen des Schwefels im Stoffwechsel der Bakterien.

Digitized by Google

Es empfiehlt sich, grofse Mengen des Wassers zu untersuchen, damit thunlichst gute Mittelwerte erhalten werden[1]).

Wie ich gesehen habe, kommt man auch dort, wo sehr wenig an solchem suspendierten Material vorhanden ist, mit rund 10 l recht gut aus.

Wenn keine besonders ausgeprägte saure oder alkalische Reaktion vorhanden ist, und das trifft bei den in Frage kommenden Untersuchungen fast immer zu, kann man ohne Vorbehandlung des Wassers das Reagenz beimischen.

Die Erhitzung wird dann im Dampfkochapparat vorgenommen (1 Stunde). Der Niederschlag setzt sich gut ab und noch schneller kommt man mittels der Centrifuge zu einem Resultate, wenn man das Sediment öfters aufschlämmt und wieder centrifugiert und schliefslich auf einem Uhrglase trocknet.

In den meisten Fällen wird wohl weniger der Gewichtszuwachs an sich (nach Abzug der Eisenfällung) von Bedeutung sein, aber es steht uns ja offen, jede beliebige andere Analyse auszuführen.

Auf den Nachweis anorganischer Verunreinigungen will ich, weil diese weniger bedeutungsvoll zu sein pflegen, nicht weiter eingehen.

Dagegen ist der Nachweis von organischen Substanzen von wesentlichem Interesse; die Analyse solcher begegnet aber Schwierigkeiten. Wenn schon man noch immer auf die Oxydationsmethoden mit Chamäleonlösung Wert legt, so kann ich mich doch mit dieser Methode wenig befreunden, da die Permanganatlösung sicher nicht einmal ein relatives Mafs dieser Substanzgemische abgibt. Irgend welche bindende Schlüsse sind gar nicht zu ziehen.

Brauchbarer für den Nachweis organischer Stoffe tierischer und pflanzlicher Herkunft ist gewifs die Bestimmung des S t i c k s t o f f e s. Er macht einen erheblichen Anteil des Bakterienleibes aus und ist in den menschlichen und tierischen Abgangsstoffen reichlich enthalten.

---

1) Auf 10 l reichen 80 ccm einer Flüssigkeit, welche aus gleichen Teilen einer 8 proz. Eisenchloridlösung und der äquivalenten Menge von essigsaurem Natron besteht.

Digitized by Google

In der That ist es in den allermeisten Fällen nicht schwierig, nach der Methode von Kjeldahl in solchen Eisenniederschlägen den N-Gehalt quantitativ zu bestimmen; nur hat man die Vorsicht walten zu lassen, durch blinde Versuche die »Korrektur«, so klein sie sein mag, scharf festzustellen, denn es handelt sich manchmal bei reinen Wässern um sehr geringe Werte. Schon die ersten Versuche zeigten mir sehr grofse Differenzen bei einzelnen verunreinigt und nicht verunreinigten Gewässern.

Der N-Gehalt allein schien mir aber für die Bestimmung der organischen Substanzen eine unbefriedigende Antwort zu geben. Auch die N-freien Substanzen sollen berücksichtigt werden, sie können mehr oder minder reichlich vorhanden sein. Nach dieser Richtung mufs demnach eine geeignete Methodik gefunden werden.

Allenfalls könnte man daran denken, den C-Gehalt der Masse, sei es durch Verbrennung oder durch Oxydation mittels Schwefelsäure und Chromsäure, festzustellen.

Dies Verfahren ist nicht gerade einfach und würde auch unter Umständen zu Unklarheiten führen.

Viel einfacher und brauchbarer schien mir aber ein anderer Weg, nämlich ein kalorimetrisches Verfahren, das für diese Probleme bis jetzt gar nicht angewandt ist. Bestimmt man die Gröfse der Verbrennungswärme des Niederschlags mit der Berthelotschen Bombe, so erhält man wenigstens eine sichere Bestimmung der Summe der organischen Substanz nach einheitlichem Mafs[1]). Der Eisenniederschlag läfst sich häufig ohne weiteres verbrennen, so reich an organischer Substanz ist derselbe, oft mufs man aber einen Zusatz von Rohrzucker machen (1 : 1). Reines Eisenoxyd hat, dem Zucker beigemengt, keinen Einflufs auf die Verbrennungssresultate. Wären die Angaben über die Spaltung des essigsauren Eisens in der Wärme ganz

1) Die Abwässer u. dgl. ähnliche Dinge enthalten natürlich auch gelöste anorganische Stoffe, welche der Verbrennung fähig sind. Im Schlamm des Flufsbodens manchmal reichlich Schwefeleisen, Schwefel in Substanz (und Schwefelwasserstoff). In den frischen Abwässern ist so wenig von letzteren bezw. von Sulfiden vorhanden, dafs man von der weiteren Betrachtung absehen kann.

Digitized by Google

richtig, so sollte auch dieser Niederschlag keinen Wärmezuwachs geben. Dies trifft aber nicht zu. Auch in starken Verdünnungen bleibt ein, wenn auch minimaler Anteil des Eisenacetats unzersetzt, diese Gröfse mufs durch einen Kontrollversuch festgestellt werden. In dieser Weise ausgeführt, erhält man von der Methodik wertvolle Aufschlüsse über die Anwesenheit und Mengen der organischen Substanz.

Alle hier in Frage kommenden Sedimente sind mehr oder minder reich an Neutralfetten, Fettsäuren, auch Seifen. Es würde keine Schwierigkeiten haben, auch diese Gruppe von Stoffen einer getrennten Untersuchung zu unterziehen und so eine eingehende Prüfung zu ermöglichen. Auch die Bestimmung des C könnte, wo nötig, und insofern entsprechende Vorbedingungen gegeben sind, mit der Verbrennungsbestimmung verbunden werden.

Alles in allem genommen, erreichen wir auf dem gedachten Wege einen weit besseren Einblick in die vorliegenden quantitativen Verhältnisse von Verunreinigungen des Wassers.

Die orientierenden Versuche haben im ganzen ein befriedigendes Resultat gegeben; ein Zweifel darüber, dafs auch die feinsten suspendierten Stoffe ausgefällt werden, kann nicht bestehen. Es ist aber nicht ohne weiteres bewiesen, dafs gerade nur d i e s e ausfallen, daher wird es nötig sein, der Frage, ob auch gelöste Stoffe ausfallen, und welche, etwas näher nachzugehen.

Ich setze als bekannt voraus, dafs speziell die Eiweifsstoffe durch Erwärmen mit essigsaurem Eisen ausgeschieden werden, abgesehen von einigen anderen Verbindungen, wie sie in Extrakten der Organe u. s. w. enthalten sind.

Von dieser Eigenschaft des essigsauren Eisens hat man in den physiologisch-chemischen Studien seit fast dreifsig Jahren Gebrauch gemacht.

Peptone und Leim werden nicht gefällt. Die Ausfällung eiweifsartigen Materials aber kann nicht als Nachteil für die vorliegenden Aufgaben angesehen werden.

Ich will daher nun weiter auf diejenigen Dinge eingehen, welche für die Untersuchung von Abfallwässern von Bedeutung sein können.

Digitized by Google

Zunächst versuchte ich bei Kanalwasser festzustellen, ob dieses nur wegen seiner suspendierten Stoffe Fällungen gibt, oder ob auch die gelösten Substanzen in den Niederschlag übertreten. Ich habe daher rohes Kanalwasser und solches, welches sorgfältig durch Filtration von allen Schwebestoffen gereinigt war, untersucht.

Die beiden Proben, aus dem Pumpschacht der Pumpstation geschöpft, gaben den Beweis, dafs in der That von dem Gelösten auch ein Teil gefällt wird, allerdings weit weniger als vom Suspendierten (pro Liter berechnet).

Tabelle I.

	Probe I		Probe II	
	N	Kal.	N	Kal.
Unfiltriert . . .	0,223	24,30	0,132	11,46
Filtriert	0,054	2,72	0,054	2,72
Suspendiert . . .	0,172	21,58	0,078	8,74

Die Natur des Suspendierten ist also offenbar sehr gleichartig, denn in beiden Fällen trifft auf 1 N 112—125 Kal. an Organischem. Diese gleichartige Zusammensetzung des Suspendierten haben auch andere in meinem Laboratorium ausgeführte Untersuchungen bewiesen. Das Filtrierte ist viel reicher an N, denn in diesem kommt auf 1 N rund 50 Kal.

Wie man aber sieht, trifft von dem gesamten erhaltenen Niederschlag nur 23,9 % des N
und 11,2 % der Kal.
auf diejenigen Bestandteile, welche aus den gelösten Teilen des Sielwassers stammen. Wenn man bedenkt, dafs namentlich eiweifsartiges Material, Schleim, auch wohl Gallebestandteile in den Niederschlag übergehen, so findet dies Verhalten des geklärten Sielwassers seine volle Berechtigung und Erklärung.

Natürlich hängt das Zahlenverhältnis von dem gegenseitigen Mengen gelösten und suspendierten Materials ab. Das oben untersuchte Kanalwasser war aber nicht reich an Schwimm- und Schwebestoffen.

Digitized by Google

Einer getrennten Bestimmung des suspendierten Materials für sich steht nichts im Wege, wenn eine besondere Bestimmung für das Filtrat vorgenommen und dessen Wert von der Gesamtsumme der erhaltenen Substanzen wie im vorliegenden Fall zum Abzug kommt.

Indefs kann ich darin, dafs das Eisen auch andere gelöste Bestandteile des Sielinhaltes mitzubestimmen erlaubt, überhaupt keinen Nachteil sehen, denn wie sich noch zeigen wird, enthalten eben diese Fällungen im wesentlichen vom Kote herrührende Substanzen.

Unter den Bestandteilen, welche dem Kanalwasser sich beimengen, spielen Harn und Kot eine hervorragende Rolle.

Von Menschenharn geht nur ein kleiner Teil des N in den Eisenniederschlag über, nämlich selbst weniger als 1 % bis 2,4 % der ganzen N-Menge; die Menge der in den Niederschlag übergehenden verbrennlichen Substanz bewegt sich innerhalb weniger Prozente, aber in Werten, die etwas höher sind, als jene für N.[1]) Man kann also sagen, der Harn spielt hierbei eine ganz untergeordnete Rolle.

Man kann ja ohnedies annehmen, dafs 88 % des Gesamtstickstoffs Harnstoff + NH_3 sind[2]), welche beide für die Eisenfällung nicht in Betracht kommen, und die ich als eine nennenswerte Quelle der Wasserverunreinigung überhaupt nicht betrachte.

Für den Pferdeharn käme in Betracht, dafs die Hippursäure mit Eisensalzen Verbindungen eingeht, welche in Wasser schwer löslich sind. Indes bleibt zu berücksichtigen, dafs der Anteil, den der Pferdeharn an den städtischen Abfallwässern nimmt, an sich ein kleiner ist, die Verdünnung daher eine sehr bedeutende ist, womit die Löslichkeit des Eisensalzes steigt; möglicherweise nimmt auch die letztere im Kanalwasser, im Gegensatz zu reinem Wasser zu. Vom Harn ist wenigstens bekannt, dafs er ein besseers Lösungsmittel für hippursaueres Eisen ist, als destilliertes Wasser.

---

1) Um diese Experimente auszuführen, mufs der Harn vorher verdünnt werden.

2) Camerer, Gehalt des menschlichen Urins etc. Tübingen, 1901.

Digitized by Google

Wesentlich anders verhalten sich die Dinge bei dem menschlichen Kote. Ich habe drei Untersuchungsreihen angestellt, bei welchen sowohl der Gesamt-N und die Gesamtverbrennungswärme gemessen, als auch festgestellt wurde, wie viel in den Eisenniederschlag übergeht.

Im Mittel fand sich von 100 Teilen:

	N	Kal.
in dem Niederschlag	92,0	90,3,

somit verhält es sich beim Kote gerade umgekehrt wie bei dem Harne; bis auf wenige Prozent kann die Kotsubstanz durch Eisenfällung aus dem Wasser wieder ausgeschieden werden.

Im gemischten Kote trafen auf	1 N	=	99,5	Kal.
im Eisenniederschlag	1 »	=	38,4	»
im Kanalwasser im Mittel . .	1 »	=	96,7	»
im Suspendierten allein . . .	1 »	=	112	»

Ganz analog verhält sich der Pferdekot[1]). Ich habe eine gröfsere Portion mit Wasser ausgelaugt, wobei vorwiegend die Cellulose aus Heu u. s. w. zurückbleibt; den Wasserextrakt dann mit Eisen gefällt. Von 251,7 Kal. gingen in die Fällung und den Rückstand 216,7 über = 86,1 %, nur 13,9 % an Kalorien bleiben ungefällt. Vom N des Kotes gehen 29,1 % nicht in die Fällung über, als etwas mehr als beim Menschenkote. Ich mufs es dahin gestellt sein lassen, ob dies nicht zum Teil durch eine Beimengung von Harn zu Kot bedingt war. Angeblich hatte freilich eine solche Beimengung nicht stattgefunden.

Von den wichtigsten Abgängen, den festen, geht der ganze überwiegende Teil in die Eisenfällung über, so dafs wir also nicht nur die suspendierten Substanzen, sondern aufserdem namentlich fast alle Kotbestandteile zur Fällung bringen, was für die Anwendung der Methode zu dem beabsichtigten Zweck der Abwasseruntersuchung nicht von Nachteil ist, während der Harn des Menschen der Fällung sich entzieht. Im übrigen

1) Davon sind rund 18 % wasserlöslich gewesen.

Digitized by Google

dürften die hierdurch bedingten Differenzen im Gewicht der schwebenden Stoffe nicht sehr erheblich zum Ausdruck kommen.

Störend für die Untersuchung kann Moorwasser werden; eine aus Torfmull hergestellte tiefbraune Lösung enthielt

im Liter 0,040 N und
7,64 Kal. Verbrennungswärme;

davon gingen in den Eisenniederschlag 0,018 g N
1,96 Kal.

also 45% des N und 25,6% der Kalorien.

Da es sich in praktischen Fällen zumeist um vergleichende Untersuchungen handelt, so sind deswegen besondere Schwierigkeiten nicht zu befürchten. Indes ist zu erwägen, dafs in diesem Versuche ein konzentrierter Moorextrakt bereitet wurde, der eine fast schwarze Lösung darstellte, wie sie in der Natur nicht vorkommt. Im übrigen lassen sich erhebliche Beimengungen von Moorwasser sofort erkennen.

Erfordert es die spezielle Aufgabe einer Untersuchung, zwischen der Menge löslicher Substanzen und dem Suspendierten scharf zu scheiden, so steht nichts im Wege, auch dies auszuführen. Man braucht zu diesem Zwecke nur neben der Fällung des Wassers eine solche der durch Thonzellen filtrierten Flüssigkeiten vorzunehmen, um aus der Differenz beider Werte die gesuchte Gröfse zu erfahren.

Die Thonzellen haben ja allerdings den in keiner Weise zu beseitigenden Fehler, dafs durch sie auch manche, allerdings wie man annimmt, in einer Art Quellung befindlichen Eiweifsstoffe wie z. B. Kasein nicht durchgelassen werden. Immerhin wird dieser Einwand als belanglos aufser Betracht bleiben können.

Nachdem wir festgestellt haben, welche Substanzen bei dem Kanalwasser wesentlich in Betracht kommen, und wie sich dieselben zur Eisenfällung verhalten, wird es am Platze sein, eine quantitative Angabe über die Gröfse der mit Eisen gefällten Substanzen im Sielwasser überhaupt zu machen.

Wie ich oben angegeben, enthält unser Berliner Kanalwasser unzweifelhaft noch reichlich unzersetzten Harnstoff, auch etwas

Digitized by Google

präformiertes Ammoniak[1]). Es ist daher nicht erlaubt, ohne weiteres durch Trocknen den Rückstand zu bestimmen. Dabei kann man 50% und mehr an N des Kanalwassers zu Verluste gehen sehen. Für meine Zwecke eignet sich ein Zusatz von Oxalsäure, um diese Verluste zu verhindern.

Bei einem solchen quantitativen Versuche fand ich, dafs in den Niederschlag übergehen:

von 100	
N	Kal.
19,4%	61,2%.

Wie vorauszusehen ist, läfst sich der gröfste Teil des im Kanalwasser enthaltenen N überhaupt mit Eisen nicht fällen, dagegen die überwiegende Menge der verbrennlichen Substanzen.

Die Sielwasserprobe war des Morgens, also zu einer Zeit geschöpft, wo die menschlichen Abgänge reichlicher erscheinen als zu anderen Tageszeiten.

Es mag vielleicht ein Zufall sein, dafs, wenn man nach den von mir angenommenen mittleren Ausscheidungen und auf Grund der Fällbarkeit von Harn und Kot durch Eisensalze synthetisch berechnet, wie viel von einem solchen Gemische gefällt werden sollte, man eine Zahl erhält, welche ziemlich nahe mit der direkten Beobachtung stimmt, nämlich:

12,3% N für die Fällung
und 51,0% Kal.
gegenüber 19,4% N gefällt
und 51,2% Kal.

Da gerade vom Harn erhebliche Teile zu Verlust zu gehen pflegen, oder doch wenigstens die Harnentleerung sich mehr über den Tag verteilt, so nähert sich unter solchen Annahmen Rechnung und Befund noch weit mehr.

---

1) Frisches Kanalwasser, durch Thonfilter abgeschieden, zeigt meist noch keine alkalische Reaktion, gibt selbst bei Anwendung von 200—300 ccm nach dem Ansäuern keinen Schwefelwasserstoff, enthält nur Spuren Eiweifs. Nach 2—3 Tagen spontaner Zersetzung ist es stark alkalisch, enthält reichlich SH_2. Der Geruch ist weit geringer als bei Gegenwart des Sediments.

Digitized by Google

Man beachte aber, dafs zu gewissen Tageszeiten Menschenharn und Kot in weit gröfserem Prozentsatz, als dem Mittel entspricht, vorhanden sind.

VII.

Nachdem die für die Methodik wesentlichen Punkte erledigt sind, will ich die Resultate einiger Analysen in Nachstehendem berichten.

Zunächst galt es darzuthun, mit welchen Quantitäten an Wasser eine zureichende Genauigkeit zu gewinnen ist, und ob auch anscheinend solches reiner Herkunft fällbare Substanzen einschliefst. Ich fällte daher vier Wassersorten von je 5 l mit den gleichen Mengen Eisenmischungen mit folgendem Ergebnis:

10 l Wasser enthielten:	mg N
Leitungswasser	0,3
Brunnenwasser	1,3
Spreewasser	3,9
Sielwasser	251,8.

In allen Fällen wurde also N gefunden; die Unterschiede sind sehr grofs. Die Differenzen geben einen Ausdruck für die verschiedenen a priori zu erwartenden Reinheitsgrade.

Wenn man bedenkt, wie geringe Unterschiede man sonst mittels der Wasseranalyse zwischen solchen Wässern finden würde, so ergibt sich ohne Zweifel eine erhebliche Überlegenheit der Methode. Leitungswasser und Brunnenwasser waren klar, hier können also nur Humus-Bestandteile und dergl. in Betracht kommen. Aber es ist nicht ausgeschlossen, dafs auch das feinst verteilte organische Material, das als Trübung nicht mehr sichtbar ist, doch eine Rolle spielt. Von Bakterien müssen aufserordentlich reichliche Mengen anwesend sein, um eine feinste sichtbare Trübung zu geben.

Prüft man filtrierte Wässer mittels des Lichtkegels einer elektrischen Lampe, so gewinnt man allerdings nicht den Eindruck, dafs die Wässer wirklich frei von Suspendierten im physikalischen Sinne sind.

Digitized by Google

Es bedarf wohl kaum des besonderen Nachweises, dafs die Bakterien selbst nur einen ganz verschwindenden Teil eines solchen Sediments ausmachen. Man hat ja mehrfach Schätzungen über die Masse der Bakterien angegeben. So nahm Nägeli an, dafs 30 Milliarden lufttrockener kleiner Bakterien 1 mg wiegen; Cohn nimmt für den cbmm 633 Mill. an, wenn man sie absolut ohne Zwischenräume gelagert denkt.

In einer Proteuskultur, die sorgfältig vom Agar mittels eines Dachshaarpinsels abgenommen worden war, fand ich, nachdem diese Kultur in destilliertem Wasser verteilt worden war, 138200000000 durch Plattenkultur[1]), die zusammen rund 0,4 mg N entsprachen.

Proteus vulg. hat nach meinen Bestimmungen 83,42 % Wasser, 16,58 % Trockensubstanz und 11,45 % N der letzteren; 100 Teile frisch = 1,90 N.

Hiernach würde 1 mg frische Substanz rund 61 Mill. Individuen einschliefsen. Die Lagerung ist offenbar gar keine dichte, und es befindet sich zwischen den Bakterien wahrscheinlich eine nicht unerhebliche Menge von Nahrungsstoffen oder Zersetzungsprodukten, welche aber nicht abtrennbar sind. In den 150000 Keimen, welche 1 l Berliner Leitungswasser enthält, steckt so wenig an N, dafs dieser nur einen kleinen Teil der gefundenen 0,03 mg N ausmachen kann = 7,5 %; aller Wahrscheinlichkeit aber noch viel weniger, da ja eine grofse Zahl kleiner Bakterienformen, Kokken etc. mit hier in Frage kommen. Das »Nahrungsmaterial« pflegt ja überall in grofsem Überschufs zu sein, oder richtiger gesagt, die organischen Stoffe sind eben nur zum kleinen Teil für die jeweiligen Pilze, die an ihnen haften, im Stoffwechsel zu verwerten.

Eine kalorimetrische Untersuchung hatte ich nur bei dem Sielwasser ausgeführt, wobei pro Liter 2,34 Kal. (1 N = 92,2 Kal.) an verbrennlicher Substanz gefunden wurden[2]).

Zu dem Gehalte an Verbrennlichem kann der Kot erhebliche Beiträge liefern. In zwei Kotproben, die mit Eisen gefällt waren,

1) Nahezu ebenso viel in der Zählkammer.

2) In anderen Fällen 1 N : 95,4 Kal.

Digitized by Google

traf im Niederschlag auf 1 N = 90,1 Kal., in den fällbaren Harnbestandteilen erhält man annähernd 1 N = 30 Kal.

Eine ganz untergeordnete Rolle spielen die Bakterienleiber, schon mit Rücksicht auf ihre verschwindende Menge als auch wegen der kalorimetrischen Verhältnisse an sich.

Über die Verbrennungswärme der Mikroorganismen kann ich folgendes nach meinen Untersuchungen angeben:

1 g trockene Substanz liefert	Kal.
Penicillium glaucum (Mycel) . .	4,753
» (mit Sporen)	5,359
obergärige Hefe	4,554 [1])
untergärige Hefe	4,425 [2])
Hefe-Reinkultur	4,545
Prodigiosus, frische Kartoffelkultur	4,764
» alte Kultur	4,420
Proteus vulg. auf Agar	4,721 [3]).

Die Verbrennungswärme der Mikroorganismen der verschiedensten Herkunft ist demnach sich sehr ähnlich und im allgemeinen gering, wozu offenbar der meist sehr kleine Fettgehalt Veranlassung geben dürfte. Im Einklang damit zeigt sich bei der Sporenbildung bei Penicillium eine Mehrung des Wärmewertes, die auf den gröfseren Gehalt an Ätherextrakt bezogen werden mufs.

Im Mittel glaube ich, bei den von mir untersuchten Hefen
auf 1 Teil N 58,2 Kal.,
bei Proteus 48,0 » rechnen zu dürfen.

Die Bakterien werden wohl nur ausnahmsweise einen nach Prozenten auszudrückenden Anteil an der schwimmenden Materie ausmachen.

Viel wichtiger ist in allen Fällen das Fett, welches nach den Untersuchungen meines Laboratoriums in reichlicher Quantität und nicht nur durch die Fäkalien allein dem Sielnetz

1) 7,32 % N
6,54 % Asche.

2) 9,62 % N
1,16 % Fett.
10,16 % Asche.

3) 9,81 % N.

Digitized by Google

zugeführt wird[1]), ferner die Cellulose, und zwar auch weniger die Cellulose im gemischten Kot als die der schwemmbaren Küchenabfälle und das Papier, worüber weiter unten Angaben zu finden sind.

Da die Ergebnisse der Vorversuche befriedigend ausgefallen waren, wurde eine gröſsere Reihe von Wasserproben nach dem Verfahren geprüft, und zwar je 10 l Wasser benutzt.

Das Leitungswasser (filtriertes Müggelseewasser) zeigt ziemlich einheitliche Verhältnisse.

Tabelle II.

Leitungswasser[2]).

10 l enthalten:

Nr.	mg N	g Kal.
6	3,1	86
4	2,1	136
2	3,3	123
H	4,3	94
C	2,9	124

Es ist selbstverständlich, daſs diese kleinen Mengen an Stoffen immer mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind, und daſs die Korrektur nach Maſsgabe der blinden Versuche sehr in Betracht fällt. In allen Fällen habe ich aber positive Befunde erhalten, welche entweder doch auf feine Trübungen, die in dem Wasser nicht fehlen, oder, wie wahrscheinlich ist, wesentlich auf gelöste organische Substanzen, die gerade im Sommer sich finden, zurückzuführen sind.

In den meisten Fällen fand sich im Brunnenwasser reichlicher N und mehr an Verbrennlichem als im Leitungswasser. Hierbei muſs man mit dem Vorkommen von Verschmutzungen aus dem Untergrund oder auch mit Beimengungen humöser Substanzen rechnen. (Siehe Tabelle III auf S. 44.)

Der N-Gehalt bewegt sich sehr nahe an jenen des Leitungswassers heran, das Verbrennliche dagegen übersteigt in jedem

1) Schreiber, Über den Fettreichtum der Abwässer etc. Archiv f. Hygiene, XLV, S. 295.

2) Bei einer Analyse konnte nur der N bestimmt werden.

Digitized by Google

Falle die bei Leitungswasser gefundenen Werte, zum Teil bis um das Doppelte. Leitungs- wie Brunnenwasser sind klar.

Tabelle III.

Brunnenwasser.

10 l enthalten:

Nr.	mg N	g Kal.
1	4,8	201
2	5,0	240
3	5,7	276
4	2,8	241
5	3,5	176
6	3,8	149

Im Gegensatz zu diesen Wässern stehen die nachfolgend untersuchten, welche sämtlich Schwebe- und Schwimmstoffe erkennen lassen. Beim Spreewasser traten sie allerdings noch nicht so erheblich in die Erscheinung. Für die Untersuchung wurde an verschiedenen Stellen der Spree geschöpft.

Tabelle IV.

Spreewasser.

10 l enthalten:

Nr.	mg N	g Kal.
1	5,4	588
2	1,8	310
3	4,4	467
4	5,5	386
5	8,7	537
6	7,5	382

Die grofse Menge an N und an Verbrennlichem ist in allen Fällen, Nr. 2 ausgenommen, zu erkennen. In dieser Probe fand sich neben sehr wenig N doch reichlich verbrennliches Material. Der Gehalt an Schwebestoffen ist in Nr. 5 und 1 ein sehr reicher geworden. Ob der N-gehalt und die verbrennliche Materie in gleichem Sinne zunehmen, hängt selbstredend von der regellosen Zusammensetzungsweise der im Spreewasser sehr variablen Schwebestoffe ab.

Digitized by Google

Weit mehr verunreinigt als die Spree ist der Landwehrkanal, der, arm an Wasser, doch einer grofsen Schiffahrt dient und die Notauslässe der Berliner Kanalisation aufnehmen mufs.

Die Untersuchungsergebnisse lassen die Eigenschaft dieses mehr verunreinigten Wassers wohl erkennen, auffallend ist in erster Linie die bedeutende Zunahme an N in den Fällungen.

Tabelle V.

Landwehrkanal.

10 l enthalten:

Nr.	mg N	g Kal.
1	9,7	502
2	9,9	376
3	11,0	518
4	8,3	610
5	13,3	1060
6	11,9	851

Endlich wurden von einer Pumpstation sechs Proben untersucht, deren Ergebnisse nachfolgend zusammengestellt sind. Der N-Gehalt steigt aufserordentlich an, noch rapider das Verbrennliche. Im Sielwasser nimmt das Fett eine wichtige Stellung ein, wodurch dieser obengenannte Zuwachs an Kalorien seine Erklärung findet.

Tabelle VI.

Sielwasser.

10 l enthalten:

Nr.	mg N	g Kal.
1	194	15 021
2	372	39 842
3	217	19 503
4	153	13 335
5	265	24 078
6	201	13 700

Eine Zusammenstellung aller Resultate läfst die eigenartigen Verschiedenheiten der Wassersorten aufs Beste nachweisen, sie zeigen in ihren Ergebnissen die Stufenleiter der Reinheit der untersuchten Wässer. Es ist bemerkenswert, die Ergebnisse

Digitized by Google

einiger auf anderem Wege gefundener analytischer Werte hiermit in Vergleich zu stellen.

Tabelle VII.

In 10 l sind gefunden [1]) (Eisenniederschlag):

Art des Wassers	mg N	g Kal.	Beschaffenheit
Leitung	3,0	103	klar
Brunnenwasser . .	4,21	214	klar
Spreewasser . . .	5,64	445	etwas getrübt
Landwehrkanal . .	10,78	636	trüber
Kanalwasser . . .	233,90	20913	stark trübe

Das Leitungswasser des Centrums der Stadt entspricht wesentlich dem Müggelseewasser, welches filtriert und unfiltriert keine unterschiedlichen Resultate gibt.

In 10 l Wasser wurden im Sommer 1897 gefunden [2]):

Rückstand	Organisches (Chamäleontitrierung)	Chlor
1910	357	175

Die Spree hat schon weit oberhalb Berlin nicht mehr den Charakter eines reinen Wassers, sondern offenkundig bereits Verunreinigungen aufgenommen, so dafs der übliche Vergleich der übrigen Stationen mit Grünau nicht die vollen Unterschiede in der Veränderung des Spreewassers zeigt. Die chemischen Untersuchungen lassen gröbere Differenzen nicht nachweisen, wie die Erhebungen von Dirksen und Spitta näher gezeigt haben.

Tabelle VIII.

In 10 l sind in Milligramm:

Ort	Feste Teile	Suspendiert	Organ. (Chamäleontitr.)	Chlor
Grünau	2075	170	264	290
Oberbaumbrücke	2183	252	300	280
Friedrichbrücke	2303	325	313	280
Ebertsbrücke	2390	340	315	280
Moltkebrücke	2302	250	316	270
Moabiterbrücke	2298	250	316	280
Sacrow	2348	230	288	300

1) Das Plankton und Pseudoplankton beteiligt sich an diesen Werten nur in sehr beschränktem Mafse.

2) Günther und Spitta, Archiv f. Hygiene, XXXIV, S. 131.

Digitized by Google

Sehr ausgeprägt ist der verschmutzende Einflufs der Stadt nur hinsichtlich der suspendierten Masse, im übrigen sind die analytischen Werte ohne grofse charakteristische Ausschläge. Die Versuche zeigen, wie schwerfällig die älteren Methoden für die nähere Charakterisierung des Wassers waren, und wie wenig selbst sichtbare Veränderungen in ihnen zum Ausdruck kamen.

Ausgeprägtere Differenzen zeigen die Planktonuntersuchungen.

Betreffs der Planktonverteilung haben die Untersuchungen von Spitta ergeben für 10 l, an Trockensubstanz[1]) in mg:

	Müggelsee	0,3—4,1
	Spree (Durchschnitt)	2,8—34
am 7. Juli		
	Eierhäuschen	11,5
	Oberbaumbrücke . . .	21,3
	Ebertsbrücke	23,6
	Lutherbrücke	19,2
	Fürstenbrunnen . . .	30,0
	Spandau	11,7.

Die Werte vom 7. Juli entsprechen den gröfseren Planktonmengen des Sommers, im Winter tritt noch eine erhebliche Abnahme ein.

Die Fällungsanalyse gibt im Gegensatz hierzu wesentlich übersichtlichere Anschauung von den Wasserqualitäten. Betrachtet man die Zuwächse, welche die weniger reinen Wässer gegenüber dem reinen Leitungswasser zeigen, wie nachstehend berechnet, so sind die Wandlungen der einzelnen Wasserproben eigenartige.

Tabelle IX.

Zuwächse gegenüber reinem Wasser.

Art des Wassers	mg N	g Kal.	N : Kal.
Brunnen	1,21	111	92
Spree	2,64	342	129
Landwehrkanal	7,78	533	68
Siel	2,31	20 810	90

1) Archiv f. Hygiene, XXXVIII, S. 172.

Digitized by Google

Im Spreewasser steigt mit der Verunreinigung an N das Verbrennliche rasch an, erheblicher als eine Beimengung von Sielwasser diesen Wert zu steigern vermöchte, was vielleicht den schwimmenden Kohleteilchen, die manchmal recht reichlich zu finden sind, zuzuschreiben ist.

Im Landwehrkanal nimmt die sicher auf organische Abgänge zurückzuführende N-Menge stärker zu als der Gesamtzuwachs an Verbrennlichem. Das Kanalwasser führt auf 1 Teil N die grofse Menge von 90 Kal. an Verbrennlichem.

Da es sich vorläufig nur darum handelt, zu zeigen, dafs die Methodik Aufmerksamkeit verdient, mögen diese Mitteilungen genügen.

Der Eisenniederschlag des Sielwassers hatte im Mittel

4,22% N,
8,44% Ätherextrakt,
34,7% Asche,
29,2% Cellulose.

und gibt für 100 Teile organisch

6,46% N,
12,92% Fett,
40,20% Cellulose[1]),

und für 1 g 6,023 Kal.

Diese Zusammensetzung zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit den Fäkalien des Menschen.[2]) Der Atherextrakt ist darin reichlich vertreten, wie dies ja auch durch die Untersuchungen von Schreiber näher dargelegt worden ist.[3])

Der in dem Niederschlag eingeschlossene Ätherextrakt enthält natürlich nicht reines Fett, sondern liefert

rund 8,34 Kal. als Verbrennungswert

und der fettfreie organische Rest 5,681 Kal.; ein Beweis, dafs er neben Kohlehydraten wie Cellulose auch Eiweifsstoffe einschliefst.

---

1) Aus dem Trockenrückstand einer anderen Bestimmung berechnet.

2) Rubner, Der Energiewert der Kost des Menschen. Zeitschrift f. Biologie, XLII, S. 300.

3) Archiv f. Hygiene, Bd. XLV, S. 295.

Digitized by Google

Eine 100fache Verdünnung von Sielwasser mit Leitungswasser würde 5,3 N, 312 Kal. führen, die 200fache 4,2 N, 207 Kal.

Auch die letzte Mischung würde noch mit aller Sicherheit von reinem Wasser zu unterscheiden sein, da dieses nur 3,01 N und 103 g Kal. an Verbrennlichem führt. Man ersieht hieraus, dafs man auf diesem Wege in der That die Schwimmstoffe und die dem Sielwasser eigentümlichen Kotsubstanzen aufserordentlich weit zu verfolgen imstande ist, bis zu Verdünnungsgraden, die den praktischen Bedürfnissen in entsprechender Weise genügen dürften. Es hätte auch keine Schwierigkeiten, durch Anwendung von je 20 l für die einzelne Probe eine gröfsere Genauigkeit der Analysen zu erreichen.

VIII.

Mit Rücksicht auf die Anschauung, dafs manche glauben, unter Selbstreinigung eines Flusses verstehe sich die Rückkehr des Wassers zu genau der gleichen, chemisch-biologischen und bakteriologischen Beschaffenheit, wie sie vor der Verunreinigung bestand und mit Rücksicht darauf, dafs eine solche Rückkehr als Vorbedingung für die Erlaubnis zur Einleitung von Abwässern in die Flüsse aufgestellt wird, mögen die folgenden Betrachtungen angestellt werden. Es wird sich zeigen, dafs wenn man nicht mit den etwas vagen Begriffen »Abwasser« und »organische Substanz« u. dgl. operiert, sondern an Stelle dieser eine Auflösung des Gemisches unbestimmter Zusammensetzung in seine Teile vornimmt, und die quantitative Methode, soweit nur möglich, heranzieht, man sich doch eine bessere Vorstellung über das, was man thatsächlich weifs, und über das, was noch fehlt, machen kann.

Das suspendierte Material erhöht, wenigstens dort, wo es sich um geeignete Verdünnungen des Sielwassers handelt, wie Spitta gefunden hat, und wofür sich die Belege in der folgenden Arbeit finden, die Intensität der Oxydationsgröfse kaum, dagegen verlängert es die Zeit der Arbeit.

Das Suspendierte wirkt also nicht wie eine Änderung der Konzentration an Nahrung, denn diese mehrt die Intensität der

Digitized by Google

Sauerstoffzehrung. Die Ursache liegt in dem kleinen Volumen der suspendierten Masse.

Einer Oxydation kann es aber unzweifelhaft unterliegen, in wie weit diese geht, hängt von dem Nährwert und der Anwesenheit geeigneter Mikroorganismen ab und sie erfolgt langsam.[1])

Wird also auch nicht die Intensität der Fäulnis gesteigert, so sind mit dem Suspendierten doch viele anderweitige Nachteile verbunden: die Anhäufung im Flufs, die Steigerung des Zerfalles durch die Massenansammlung des Schlicks, die ästhetischen Bedenken u. s. w.

Das Schwimmende zerfällt aber auch; die Arten und Ungleichheiten der Auflösung mögen näher auseinandergesetzt werden.

Ein besseres Verständnis der Vorgänge gewinnt man, wenn man nicht bei dem allgemeinen Ausdruck »suspendierte Stoffe« Halt macht, sondern die einzelnen Bestandteile, die man ja grofsenteils kennt, für sich betrachtet.

Zu den sehr langsam zerfallenden Stoffen gehört der »Ätherextrakt«; ein sehr erheblicher Anteil der ganzen Summe des Verbrennlichen, von dem er nach einer gröfseren Anzahl von Analysen, die ich ausgeführt, rund $^1/_5$ (der Kalorien) ausmacht.

Von diesen fettartigen Bestandteilen dürften der Asphalt, die harzartigen Körper und die Mineralöle überhaupt keiner biologischen Einwirkung zugänglich sein, so dafs nur die Fette, Fettsäuren und Seifen in Betracht kommen. Auch sie werden, wie ich nachgewiesen, speciell in nährstoffarmen Gemischen sehr langsam angegriffen.

Sie haben aber überhaupt die Tendenz, wenn sie frei mit Wasser in Berührung kommen, alsbald in nicht schwimmende Produkte, wie schon oben bemerkt, überzugehen.

Sehr widerstandsfähig ist weiter die Cellulose, nach allen Erfahrungen können wir nicht annehmen, dafs sie im Wasser verteilt, alsbald durch die bakterielle Thätigkeit oder durch Schimmelpilze zerlegt werden kann. Sie ist zum Teil im Darme

1) Schliefst man den Sauerstoff aus, so liefert die Fäulnis des Sielwassers mit dem Sediment viel unangenehmer riechende Produkte als ohne letzteres.

Digitized by Google

angreifbar, und auf dem Wege der Sumpfgasgärung, die im Flufsboden eines langsam fliefsenden Stroms, wie der Spree, überall, möchte man sagen, entgegentritt.

Über die Menge der im Sielwasser enthaltenen Cellulose liegen eingehende Untersuchungen bislang nicht vor. In zwei Mischproben von Sielwasser fand ich im Rückstand 9,36% Cellulose[1]), 1 l mittleren Kanalwassers führt demnach 0,16 g Cellulose, für die tägliche Abwassermenge von Berlin = 113 l pro Kopf = 18,1 g. Es bedarf wohl kaum eines besonderen Hinweises, dafs diese Menge nicht durch die menschlichen Abgänge gedeckt wird. Die Cellulose-Ausscheidung im Kot des Menschen hängt nicht nur von der Zufuhr von Vegetabilien, sondern namentlich von der Verdaulichkeit der Zellfaser, die wechselnd ist, ab.

Von der in sehr feinen Mehlen vorhandenen Cellulose geht wenig verloren, von der schlecht vermahlenen der Weizenkörner[2]) sehr viel. Ich fand:

	Cellulose pro Tag		
	Zufuhr	Ausfuhr	Verlust in %
bei feinstem Mehl	1,04	0,49	47,1
mittlerer Sorte	2,64	1,00	38,7
kleiehaltiges Brot	9,36	8,47	90,4.

Constantinidi bei Kartoffelkost täglich eine Ausscheidung von 1,0—1,2 g Cellulose.[3])

Bei gemischter Kost, wie sie hier üblich ist, fand sich im 8 tägigen Mittel bei zwei Personen pro Tag = 1,20—1,45 g Cellulose.

Im Sielwasser spielen die Cellulose der Abgänge von den Pferden und Fabriken, namentlich aber das Closettpapier, von dem ich mehrfach einen Consum von 6—8 g pro Person und Tag beobachtet habe, ferner noch die Gemüseabfälle, eine Rolle.

Im Eisenniederschlag des Sielwassers können 40% der ganzen verbrennlichen Substanz (Kal.) aus Cellu-

1) Nach der Methode von Hoppe-Seyler mittels Schmelzen mit Kalihydrat.

2) Zeitschr. f. Biologie, XIX, S. 71.

3) Zeitschr. f. Biologie, XXIII, S. 452.

lose bestehen. Cellulose und Fett zusammen machen dann also schon 60% der gesamten verbrennlichen Substanz aus.

Von dem Rest ist unzweifelhaft ein erheblicher Teil Eiweifs.

Die Selbstreinigung im Strome bezieht sich also nur auf einen Teil der Schwebestoffe, was aber davon widersteht, nimmt den Charakter des Ausgegorenen an und könnte nur, wo es sedimentiert, mit anderem zusammen eine Nahrung bilden.

Die Reinigung des Flusses ist also, wie sich hieraus klar ergibt, überhaupt immer auf die Mitwirkung des Bodens angewiesen, soweit sie bestimmte, eben näher besprochene Verbindungen anlangt. Dieser, genauer gekannte Anteil an der ganzen Menge der Schwebestoffe ist aber recht erheblich.

Das Optimum des Reinigungseffekts bedarf ebenso gut des Flufsbodens wie des Einflusses des strömenden Wassers.

Ob eine völlige Auflösung aller gelösten Stoffe vorkommt, ist bislang durch Untersuchungen nicht bewiesen; vielleicht bleiben kleine Reste von Verbindungen, die dann vermutlich keine weitere Bedeutung besitzen als die humösen Substanzen des Moorwassers, zurück[1]).

Trotz mancher gegenteiligen Meinung finden sich in der Natur diese Bedingungen der richtigen Verteilung der Arbeit zwischen Boden und Wasser in der Regel gegeben. Der über Geröll und Gestein fallende oder rasch strömende Gebirgsstrom birgt die ihm übergebenen Sedimente ebenso gut wie ein träger Flufs; denn er besitzt in der Rauhigkeit des Grundes genügend ruhendes Wasser, um Abscheidungen aufzunehmen, abgesehen von den tausendfältigen Berührungen mit dem Geschiebe, das reinigend wirkt.

Wenn nicht ästhetische und sanitäre Bedenken entstehen, wenn nicht der Boden oder das Wasser oder beide zugleich mit Schmutzstoffen überlastet werden und die sinnenfälligen Veränderungen gewisse Grenzen überschreiten sollen, so müssen gewisse Bedingungen eingehalten werden, unter denen der Ver-

1) Von industriellen Abgängen, die ja ihrer Natur nach gar nicht völlig zu übersehen sind, abgesehen.

Digitized by Google

dünnungsgrad des Sielwassers mit reinem Flufswasser in erster Linie steht.

Die Wirkung ist zunächst selbstverständlich, die äufseren Merkmale des Wassers werden nur erkannt, wenn eine bestimmte Menge fremder Substanzen beigemengt wird. Die sichtbare Verunreinigung hat daher immer ein wichtiges Kriterium abgegeben.

Ein schon vor 30 Jahren üblicher Verlesungsversuch lehrt, dafs eine 15fache Verdünnung des Sielwassers mit reinem Flufswasser zwar eine Trübung der Mischung gibt, aber keine nachherige ausgesprochene Fäulnis des Wassers beim längeren Stehen.

Ich möchte aber solch ein Gemisch mit 6proz. Kanalwasser schon um deswillen für keinen befriedigenden Zustand halten, weil die Trübung doch eine recht reichliche ist, wenn dickere Schichten in Frage kommen. Über solche Dinge wird man in der Praxis nicht leicht hinwegkommen. Dafs dauernd so geringe Verdünnungen des Abwassers bei der Einleitung in Flüsse — wenigstens bei gröfseren Wasserläufen — sich bewährt hätten, ist mir nicht bekannt.

Dagegen ist die 100fache Verdünnung (1%) eine derart hochgradige, dafs bei oberflächlicher Betrachtung überhaupt keine Veränderung gegenüber anderem Wasser wahrzunehmen ist. Irgend ein hervorstechender Geruch findet sich zu keiner Zeit. Während Wasser der ersteren Konzentration sich in ein und zwei Tagen noch mehr trübt, fehlt bei der zweiten Verdünnung diese Erscheinung fast völlig.

Die beiden optisch ungleichen Proben sind es auch biologisch.

Im Grunde genommen sind solche Laboratoriumsexperimente kein getreues Bild der in der Praxis eintretenden Verhältnisse; bis in der Natur das Sielwasser mit Flufswasser sich auf ein 15faches oder gar 200faches verdünnt hat, vergeht geraume Zeit und es wird ein längerer Weg im Strom zurückgelegt, auf dem die Beschaffenheit des Schmutzwassers sich ändert; von dem Moment des Einströmens in den Flufs beginnt sofort die Sedimentierung, wie man unschwer an allen Mündungsstellen der Siele sehen kann.

Digitized by Google

Die Mischungszone des Abwassers mit dem Flufswasser ist sehr ungleicher Ausdehnung: kurz bei geringen Verdünnungen, lang bei grofsen. Das höhere specifische Gewicht des Kanalwassers (1013 u. s. w.) bedingt unter geeigneten Umständen und hinreichender Tiefe des Stromes eine Unterschichtung. Die Bedingungen des Mischens sind von Fall zu Fall höchst ungleich[1]).

Mit dem Maximum der Verdünnung ist demnach schon eine erhebliche Reinigung erreicht.

Ein Wasser, das sich soweit gemischt hat, dafs das Verhältnis Sielwasser-Flufswasser 1 : 15 ausmacht, hat einen erheblichen Teil seines Sediments verloren und sieht anders aus als eine direkte Mischung in einem Glasgefäfse.

Die Verhältnisse können also in praxi nur günstiger sein.

Die Verdünnung des Wassers bietet nun sichtliche und leicht nachzuweisende bakteriologische Vorteile; zunächst Unterschiede der Bakterienzahl, die unter keinen Umständen sich verwischen.

Klett fand[2]) (Zimmertemperatur):

Mischung		Zutritt von Sonnenlicht Bakt. in 1 ccm in Tausenden 1. Tag	3. Tag	6. Tag	9. Tag
1 Kanalw. : 15 Leitung.	sedimentiert	1300	148	50	27
	aufgeschüttelt		180	168	170
1 » : 100 »	sedimentiert	200	20	2	3
	aufgeschüttelt		48	20	24.

Am 4. Tag stellten sich Algen ein. Die Gesamtzahl der Keime nimmt bei der ersten Mischung rascher bis zum 3. Tage ab, dann so gut wie nicht mehr, ähnlich auch bei der grofsen Verdünnung. Dagegen ist die Neigung, zu sedimentieren, fortschreitend eine gröfsere geworden. Anders war der Verlauf der gleichzeitig unter Lichtabschlufs und ohne Algenwachstum angestellten Experimente.

1) Wesentlich von der Art der Einleitung, der Wasserbewegung und dem Profil abhängig.

2) Inauguraldissertation, Berlin 1893. Die Frage der Flufsverunreinigung.

Digitized by Google

Mischung	Bakterien in 1 ccm in Tausenden 1. Tag	3. Tag	6. Tag	9. Tag
1 : 15 sedimentiert	1,333	3805	1620	361
aufgeschüttelt		9500	9270	2520
1 : 100 sedimentiert	200	450	500	80
aufgeschüttelt		600	1300	680.

Hier tritt gemeinsam ein Ansteigen der Bakterienzahl entgegen, und vom 6. Tag ab erst der Abfall in den Gesamtzahlen, die Sedimentierung zeigt sich dagegen schon früher. Niemals verwischt sich aber der Unterschied der Verdünnungen; das Maximum bei 1 : 15 = 9500000 Keime und bei 1 : 100 = 130000 Keime, entspricht also im letzteren Falle $^1/_7$; d. h. dem Verhältnisse des zugesetzten Kanalwassers $^1/_{15} : {}^1/_{100}$.

Natürlich werden die Werte in anderen Fällen andere sein können, die ja die Bakteriengemische und Nahrungswerte im Sielwasser wechseln, aber die allgemeinen Züge des ungleichen Wachstums und Schwindens zeigen sich gewiſs.

Hohe Bakterienzahlen halten sich noch nach Wochen bei Lichtabschluſs.

Am 50. Tage wurden gezählt;

		Bakt. in 1 ccm in Tausenden
1 : 15	sedimentiert . .	15
	aufgeschüttelt . .	20
1 : 100	sedimentiert . .	3
	aufgeschüttelt . .	5.

Es sind das also ähnliche Vorgänge, wie sie zuerst von Cramer-Zürich in stagnierendem Leitungswasser gesehen worden sind. Um einen analogen Fall, der zeitlich so lange wie die Kanalwassermischungen beobachtet worden ist, anzuführen, sei ein Versuch angeführt, den Dr. Mie im Juni 1893 in meinem Laboratorium an ruhendem Leitungswasser (20 l) ausgeführt hat:

	Bakt. in 1 ccm in Tausenden 1. Tag	8. Tag	11. Tag	22. Tag	50. Tag
Sedimentiert	0,6	3	13	4	2
Aufgeschüttelt		34	46	7	2

Digitized by Google

Die bakteriologische Reinigung ist eine sehr langsame, ein nicht unerheblicher Teil von Mikroorganismen ist noch nach 50 Tagen lebensfähig und der Keimgehalt etwas gröfser als am Anfang. In anderen Experimenten habe ich den Eindruck bekommen, dafs nach einem erheblichen Absinken die Keimzahl im selben Wasser wieder zu steigen beginnt, so dafs es den Anschein hat, als habe das Zugrundegehen vieler Lebewesen einen Nährboden geschaffen, den überlebende derselben Spezies oder andere Formen zu erneutem Wachstum benützen können.

Soviel ist sicher, dafs in den Kanalwasserverdünnungen rasch eine Änderung der Flora zustande kommt und die im Sielwasser dominierenden Keime durch andere abgelöst werden. Die Wichtigkeit der Algenflora kann nach den oben angeführten Ergebnissen nicht bezweifelt werden.

Aber Eines unterscheidet die Laboratoriumsexperimente wesentlich von den natürlichen Prozessen: die Schnelligkeit der Keimverminderung im Strom.

Ich möchte hier nicht zu weit ausholen und zunächst nur auf die Untersuchungen von Prausnitz, Deichstetter und Willemer, Goldschmidt, Luxemburger und Neumeyer an der Isar Bezug nehmen[1]. Die bei Unterföhring, 4 km unterhalb des Eisbachs (Sielmündung) gefundene Keimmenge fällt auf weitere 26 km Wegstrecke von 100 auf rund 50. Auf der Strecke Freising—Landshut (= 39 km) auf ca. 25 %. Die erstere Strecke mag bei mittlerer Geschwindigkeit in rund 5, die letztere in 7 Stunden durchlaufen werden[2]. Da der Verlust innerhalb der Mischungszone nicht angegeben werden kann, so ist der Effekt kleiner berechnet als er in Wirklichkeit ist; aber auch ohne diese Rechnung sehr grofs.

Bei Versuchen von Schlatter[3] an der Limmat fallen die Zahlen auf 10 km Weg bei Mittel- und Niedrigwasser um fast

---

1) Prausnitz, Hygien. Tagesfragen. München 1890. Kanalisation München, Bericht 1896, und Hygien. Rundschau, 1898, S. 180.

2) 1,5 m Geschwindigkeit circa. Das Isarwasser gehört zu den härteren Flufswässern.

3) Zeitschr. f. Hygiene, 9, S. 56. 1890.

Digitized by Google

98 % vom Einstrom ab gemessen; worin aber die Wirkung für die Verdünnung des Flufswassers mit enthalten ist.

Sollte es zulässig sein, bei den Untersuchungen von Schlatter die Mischungsgrenze auf die 0,75 km unterhalb der Einmündung des Hauptsielstroms zu verlegen, so würde auf rund 10 km noch eine 70—80 prozentige Abnahme der Keimzahl sich finden.

Die gröbere Sedimentierung allein erklärt diese Abnahme nicht; hier müssen auch die feineren Teile, wie sie in der trüben Flüssigkeit eines stagnierenden Kanalwassers sich befinden, zum gröfsten Teil mit beseitigt worden sein.

Wo aber die endgültige Reinigung der Isar, und ob diese überhaupt eintritt, ist bis jetzt nicht bekannt; die ersten 5 Stunden des Laufes tragen pro Stunde je 10 %, die späteren etwas über 3 % zur Reinigung bei.

Es steht fest, dafs bei manchen Untersuchungen dieser Art ein völliges Absinken auf die Bakterienzahl des reinen Flusses innerhalb der freilich oft willkürlich begrenzten Selbstreinigungszone nicht zu erweisen war. Ein kleiner Anteil der Bakterien findet sich manchmal aus Gründen, die nicht festgestellt worden sind, auf weitere Strecken als gewöhnlich zugegeben wird.

Immerhin zeigen unsere grofsen Ströme, wie Rhein und Elbe im Unterlauf noch so verhältnismäfsig geringe Veränderung des Keimgehalts, dafs bei den enormen Mengen an aufgebürdetem Unrat diese Verhältnisse nur für eine sehr ausgiebige Reinigung in Anspruch genommen werden können. Es läfst sich nicht leugnen, dafs eine einheitlich im grofsen Stil durchgeführte Flufsenquête bei den differenten Angaben der Beobachter dringend erwünscht erscheint.

Die freie Sedimentierung im Flufs begünstigt also die Abnahme der Keimzahl aufserordentlich.

Es sind dies ähnliche Verhältnisse, wie ich sie vor Jahren für die Brunnen nachgewiesen[1]), welche auch beim Stagnieren nicht im Entferntesten sehr hohe Keimzahlen annehmen, sondern sich monatelang auf ganz beschränkten Gröfsen halten.

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XI, S. 365.

Digitized by Google

Damit will ich nicht behaupten, dafs die Sedimentierung allein und ganz für sich für das rapidere Abnehmen der Keimzahl verantwortlich zu machen sei (s. oben).

Soweit mir bekannt, ist ferner nach Einleiten des Sielwassers unter den üblichen Bedingungen niemals eine über das Mafs der ersten Verunreinigung hinausgehende Mehrung der Keime beobachtet worden, sondern immer nur eine Abnahme der Keimzahl.

Die Verdünnung ist also unter allen Umständen bedingend für die Keimzahl und die Zeit der wiedererlangten Reinheit; insofern wird man ihr immer eine grofse Bedeutung zuschreiben müssen.

Die ungleiche Verdünnung des Sielwassers ist nach dem Gesagten und durch Versuche Belegten gewifs ein wichtiges Moment, aber damit sind die biologischen Wirkungen nicht erledigt.

Das Sielwasser selbst ist ein Material, welches in höchstem Mafse fäulnisfähig ist, es laufen in ihm die für diesen Prozefs charakteristischen anaëroben Umsetzungen ab. Die Verdünnung mit Wasser ändert sofort die Verhältnisse.

Spitta hat gezeigt, dafs die Verdünnung 1 : 15 im Ruhezustande ihren Sauerstoff völlig verzehrt, während bei 1 : 200 dauernd ein Gleichgewichtszustand zwischen respiratorischem Verbrauch und Absorption vorliegt.

Die Sauerstoffzehrung eines mit Sielwasser versetzten Flufswassers steigt und fällt mit diesem Zusatz.

Die Sauerstoffaufnahme aber ist von gewissen physikalischen Bedingungen abhängig, die mit der Verdünnung innerhalb gewisser Grenzen nicht variiert. Es gibt daher einen Maximalwert der Sielwasserzugabe, welcher in der Ruhe ein Gleichgewicht für die oxydative Spaltung hinsichtlich Sauerstoffzufuhr und Verbrauch garantiert. Bewegtes Wasser, namentlich seichte Wasserläufe, sättigen sich leichter mit Sauerstoff als ruhende oder langsamfliefsende tiefe, falls Algenwachstum ausgeschlossen ist. Bei einer Verdünnung 1 : 15 dauert es im allgemeinen lange, zu lange bis freischwimmende Algen entstehen. Im freien Lauf, wo bedeutendere Wasserschichten in Betracht

Digitized by Google

kommen, absorbiert die Trübung zu viel Licht, als dafs die Algen reichlich sich entwickeln könnten. Die am Gestein und den Ufern festsitzende Flora ist bei gröfseren Wasserläufen, quantitativ betrachtet, zu wenig leistungsfähig.

Die Verdünnung mufs sich also soweit geregelt finden, dafs die oxydative Spaltung im Wasser mit Sicherheit die Oberhand behält. Für diese Fälle läfst sich zeigen, dafs dieselbe dann die Reinigung des Wassers in die richtigen Bahnen leiten, und in praxi innerhalb der für die Selbstreinigung bleibenden Zeiten vollenden kann.

Nachdem durch meine Analysen des Sielwassers nun die Beschaffenheit desselben ersichtlich ist, kann man sich auch fragen, inwieweit quantitativ die oxydative Spaltung in dem einen oder anderen Falle zu wirken in der Lage ist.

Nach Versuchen, welche Spitta in Sielwassermischungen 1 : 15 ausgeführt hat, werden bei niedriger Temperatur etwa 7 ccm im Liter an Sauerstoff im Tag verzehrt.[1])

Da es mir wünschenswert erschien, für die vorliegende Frage nochmals eine solche Analyse zu besitzen, wurden folgende Reihen von Dr. Spitta angestellt:

Tabelle X.

Sauerstoffgehalt in Cubikcentimeter pro Liter bei 11—12°.

Zeit in Stunden	Kanalwasser : Flufswasser 1 : 15	Kanalwasser : Flufswasser 1 : 100	Kanalwasser : Flufswasser 1 : 200
0	5,29	6,44	6,25
14	2,09	5,90	6,15
18	0,24	5,63	5,92
24	0,08	5,13	5,76

Für je eine Stunde wurden, aus den ersten 18 Stunden berechnet, an Sauerstoff verzehrt:

Verdünnung	ccm pro Liter	pro Tag	Gehalt an Sielwasser in %
1 : 15	0,281	6,74	6,2
1 : 100	0,045	1,08	1,0
1 : 200	0,018	0,43	0,5.

1) Spitta, a. a. O., S. 237.

Digitized by Google

Die Sauerstoffzehrung wird fast genau durch den Gehalt an Sielwasser bedingt. Die erste Zahl entspricht dem anderen, vor Jahren angestellten Versuche.

6,74 ccm bei 0^0 und 760 mm, B. $= (6{,}74 \times 1{,}43) = 9{,}64$ mg O. 1 mg Sauerstoff liefert im Mittel bei der Verbrennung der wichtigsten Nahrungsstoffe 3,2 g Kal.[1]), obige Menge = 30,8 g Kal.

Ein Liter Kanalwasser hat, im ganzen genommen, 4,7 Kal. an verbrennlicher Substanz. Die

erste	Mischung	enthielt	also	im	Liter	291,4 g	Kal.	Verbrennliches
zweite	»	»	»	»	»	47,0 »	»	»
dritte	»	»	»	»	»	23,5 »	»	»

abgesehen von den geringen Nährwerten des Leitungswassers.

Von dieser Menge sendimentiert ein erheblicher Teil unter natürlichen Umständen, fast die Hälfte; es mag aber dies vorläufig aufser Betracht bleiben, auch der Umstand, dafs neben den Bakterien im freien Flufs auch andere Konsumenten für die organische Substanz vorliegen.

Bei dem Verbrauch der organischen eiweifsartigen Substanzen ist von Bedeutung, dafs die Zerlegung nur bis zur Ammoniakbildung schreitet, für den Harnstoff kommt als fast bedeutungslos die Umwandlung in kohlensaures Ammoniak in Betracht.

Inwieweit die Nitrifikation innerhalb eines Reinigungsgebietes fortschreitet oder komplett abläuft, ist nicht genau genug bekannt.

Indem die volle Verbrennungswärme in den Betrachtungen zu Grunde gelegt wird, gleicht sich auch die Frage der Bedeutung der Nitrifikation im wesentlichen ab.

Dagegen ist ein anderer Umstand noch von Bedeutung; die Sauerstoffzehrung ist bei den Aëroben nicht die einzige Quelle des Energieverbrauchs. Durch quantitative Versuche, die an anderer Stelle veröffentlicht werden, habe ich gesehen, dafs der *Verbrauch an Energie für den »Ansatz« im Sinne* der Ernährungsphysiologie bis 25% *des Gesamtenergieumsatzes* der Bakterien in Anspruch nimmt, so dafs

1) Nach meinen Berechnungen.

Digitized by Google

man $^1/_8$ mehr als vom O-Verbrauch als Energieverbrauch in Anrechnung setzen kann.

Das sind nun freilich wieder flottierende Substanzen, aber es ist doch eine Verarbeitung der Abfallstoffe zu Bestandteilen des Pflanzenleibes, wodurch die frühere Beschaffenheit des Unappetitlichen und Ekelerregenden beseitigt ist, und eine Form der organischen Substanz, welche nach geleisteter Arbeit die Tendenz der Sedimentierung wieder hervortreten läfst.

Nur nach der O-Zehrung beurteilt und auf alle organische Substanz bezogen, würde verzehrt sein das Verbrennliche der

ersten Mischung	in	227	Stunden
zweiten »	»	37	»
dritten »	»	18	»

Diese Zeiten mindern sich für den ersten Fall durch den Verbrauch für das Wachstum auf 173 Stunden, und mit Rücksicht, dafs die Sedimentierung die Schwebestoffe entfernt, auf 87 Stunden (von 100 auf 38). In analoger Weise bei der dritten Verdünnung auf 7 Stunden.

Die in letzterem Falle zu Tage tretende Oxydationswirkung ist also grofs genug, um unter den praktisch beobachteten Zeiten der Selbstreinigung (8 bis 15 Stunden) neben der Sedimentierung einen hohen Reinigungsgrad des Wassers herzustellen[1]).

Die Erfahrungen mit den Oxydationsfiltern, welch letztere nur eine andere Form derselben Oxydationsarbeit darstellen, sollten endlich dahin führen, die gleichen Prozesse im Wasser, wie sie Spitta zuerst experimentell dargelegt hat, nicht zu gering einzuschätzen.

Das Flufswasser ist also auch ein Acker, der seine Zersetzungsarbeit leistet und, wie man sagen kann, im grofsen Stile. Bewegung und Ruhe haben ihren Einflufs auf den Ablauf der Prozesse, wenn schon die der ersteren vielfach überschätzt worden sein mag.

1) Die Erfahrungen mit konzentriertem Sielwasser, das erst nach vielen Wochen eine stärkere Ausgärung zeigt, können zwar deswegen, weil die anaërobe Zerlegung offenbar langsamer »arbeitet«, nicht unmittelbar in Parallele gestellt werden, nach obigen Werten wäre aber selbst bei oxydativer Spaltung ungemein lange Zeit nötig, um Sielwasser zu reinigen.

Digitized by Google

Es scheint mir wichtig, dafs zwischen der 20maligen und 100maligen Verdünnung die Grenzen liegen, die bei Ruhe und Bewegung die Oxydation des Sielwassers erlauben; wobei ich aber zeitlich für den ersten Fall nicht in der Lage bin, eine Angabe über den Verlauf der Spaltungsprozesse zu machen.

Jedenfalls steht so viel fest, dafs man die für uns mafsgebenden Prozesse genauer zu verfolgen in der Lage ist.

Mit der Vollendung der Oxydation des überschüssigen Nährmaterials schwinden selbstverständlich nicht die Bakterien sofort aus dem Wasser, noch sterben sie sogleich, sie werden also diese Grenze ihrer vollendeten Arbeit überschreiten, und zunächst in Bereitschaft, neues Material zu zerlegen, fortgetragen.

Dort wo das suspendierte Material auf ein Minimum abgesunken ist, und die noch vorhandenen Bakterien bei ruhendem Wasser eine nennenswerte Sauerstoffzehrung nicht mehr zu Wege bringen, liegt die Reinigung des Flusses vor, in praktischem Sinne.

Wenn die Sedimentierung ungestört verläuft, wird man wohl behaupten können, dafs eine Reinigung des Wassers bis auf die allerverschwindendsten Spuren gewisser Substanzen möglich und wahrscheinlich ist.

Schon heute darüber Erwägungen anzustellen, an welchem Punkte eines Flufslaufes dieses geschehen sein wird, dazu gibt es keine brauchbaren Unterlagen. Sie werden sich aber gewinnen lassen, wenn ein sorgfältig erhobenes experimentelles Material vorliegt. Immer werden die praktischen Verhältnisse nach lokalen Erhebungen zu beurteilen sein. Dabei mufs aber, wie bisher allgemein vernachlässigt worden ist, eine genaue Bestimmung der Menge und Art des Sielwassers mit der Untersuchung des Stromes Hand in Hand gehen, sowie auf die Verhältnisse schwankender Wasserführung und die Beschaffenheit des Bodens Rücksicht genommen werden.

Wie oben auseinandergesetzt, hat man die Verdünnung durch reines Flufswasser als einen wesentlichen Punkt bei der Abwässerfrage in Betracht gezogen, wenn auch die hierfür mafsgebenden Erwägungen nicht immer zutreffend gewesen sein mögen.

Digitized by Google

Ein zweites Moment ist die Flufsgeschwindigkeit, von der man ganz richtig angenommen hat, dafs sie die Schlammbildung minder lästig macht, also das Sediment mit anderen Worten auf eine gröfsere Fläche verteilt. Dies erscheint noch viel wichtiger, wenn man eben auch den Flufsbohen nicht nur als Lagerstätte, sondern auch als Zersetzungsstelle des Materials ansieht.

Aber man hat dabei doch noch einen Faktor bis jetzt ganz aufser Erwägung gelassen, nämlich, dafs bei gleicher Verdünnung und Flufsgeschwindigkeit das Bodenareal, welches das Sediment aufzunehmen hat, sehr ungleich sein kann.

Nehmen wir die Tiefe zwischen 1 m, wie bei manchen Gebirgsflüssen und als Extrem die Verhältnisse der grofsen Ströme mit rund 10 m Tiefe an, so liegen hier zwei ungleiche Bedingungen vor.

Im tiefen Strom würde die in 1 Sek. sedimentierende Masse nur 2,5 qm Bodenfläche finden, im seichteren Flufs aber volle 25 qm, das Sediment verteilt sich also in einem seichten Wasser auf weit mehr Bodenfläche, und die Wirkungen der Masse des Sediments treten weniger hervor. Es wird wichtig sein, bei den praktischen Beobachtungen diesem Momente Beachtung zu schenken. Es wird in dieser Hinsicht sicher sich ein Optimum finden, welches der Mitwirkung des Bodens an der Zerlegung der Sedimente die richtige Rolle zukommen läfst.

Ich möchte in dieser Beziehung noch besonders auf den grofsen Reinigungseffekt hinweisen, den gerade kleine Rinnsale haben, in denen die Bodenfläche zur Wassermasse eine sehr grofse ist, verweisen. Hier hat man oft ganz den Eindruck, als wenn der schlammige Boden geradezu durch seine schlüpfrige, klebrige Beschaffenheit immer neue Teile festhielte und mit sich vereinigte.

Digitized by Google

Weitere Untersuchungen über Flufsverunreinigung.[1])

Von

Privatdozent Dr. **Spitta.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Bei der Verunreinigung eines öffentlichen Wasserlaufes durch die Abgänge einer Stadt pflegt man das verunreinigende Prinzip, die Kanalwässer, zunächst als ein einheitliches Ganzes ins Auge zu fassen, dessen Gehalt an den einzelnen Bestandteilen zwar innerhalb gewisser Grenzen schwankt, für das aber doch Durchschnittswerte einigermafsen zulässig sind.

Man nimmt in diesem Sinne meist an, dafs ein Liter Kanalwasser, wie häufig vorausgesetzt wird, rund 1200 mg Trockenrückstand liefert. Sowie man aber der Frage der Flufsverunreinigung durch Kanalwässer näher tritt, wird die Ungleichwertigkeit der einzelnen Kanalwasserbestandteile nach dieser Richtung hin augenscheinlich, und die Trennung zwischen gelösten und ungelösten Stoffen von Bedeutung.

Nach den üblichen Angaben sind von den 1200 mg Gesamttrockenrückstand rund 700 mg gelöste Stoffe und 500 mg ungelöste, d. h. suspendierte oder Schwebestoffe. Aber gerade in Bezug auf die Menge und Zusammensetzung der suspendierten Stoffe sind die Einzelangaben recht schwankende.

---

1) Vgl. Archiv f. Hygiene, Bd. 38, S. 160

Digitized by Google

Das liegt ja in der Natur der Sache, denn einmal ist Art und Menge des suspendierten Materials in noch höherem Grade als die des gelösten vom Zufall abhängig, und dann bietet auch die Analyse desselben gröfsere Schwierigkeiten, da eine gleichmäfsige Verteilung der Schwebestoffe sowohl bei der Probeentnahme wie bei der quantitativen Verarbeitung sich nur schlecht und unvollkommen erreichen läfst.

Es soll auf diese quantitativen Verhältnisse zwischen gelösten und ungelösten Stoffen, soweit dieselben der chemischen Analyse unterliegen, hier nicht näher eingegangen werden. Dies wird von anderer Seite geschehen.

Hier sollen nur die Beziehungen zwischen gelösten und ungelösten Stoffen einerseits und dem Bakteriengehalt eines Wassers anderseits besprochen werden unter spezieller Rücksichtnahme auf die Selbstreinigung der Flüsse. Im Anschlufs daran soll der Einflufs der Notauslässe auf den Reinheitsgrad der Wasserläufe (im besonderen der Berliner Wasserläufe) eine Kritik erfahren.

Die Keimzahl eines von suspendierten Stoffen freien Wassers festzustellen, gelingt ohne jede Schwierigkeit und mit genügender Schärfe. Wenn wir uns auch darüber klar sind, dafs die mit Gelatineplattenzählmethode erzielten Zahlen insofern ungenau sind, als sie sicher hinter dem wahren Keimgehalt zurückbleiben, und wenn auch die Art des verwendeten Nährbodens, ferner die Art der Plattenzählung (Lupe, Mikroskop) nicht ohne Einflufs auf das Resultat sind, so handelt es sich doch meistens nicht so sehr um absolute Zahlen, sondern um Vergleichswerte, und ein Arbeiten mit stets gleicher Methode gibt uns brauchbare Anhaltspunkte und Resultate.

Nicht so, wenn das Wasser suspendierte Stoffe, namentlich organischer Natur, enthält.

Wenn wir diese suspendierten Stoffe durch Schütteln möglichst gleichmäfsig verteilen, und von der Mischung eine kleine Quantität zur Impfung verwenden, so sind wir darum doch nicht sicher, eine richtige Durchschnittsprobe auf unsere Nähr-

Digitized by Google

böden übertragen zu haben, und selbst, wenn das der Fall wäre, so könnte dadurch, dafs die Bakterien in Nestern an den suspendierten Teilen haften, ein falsches Resultat entstehen, insofern als die zu Nestern zusammengeballten Bakterien auf der Zählplatte keine distinkten Kolonien liefern werden.

Die Frage aber, wo die Hauptmenge der Bakterien zu suchen ist, in den gelösten Stoffen des Kanalwassers oder an den suspendierten Teilen desselben, ist für die Frage der Flufsverunreinigung von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Bekanntlich spielt die Sedimentierung bei der sogen. Selbstreinigung der Flüsse eine hervorragende Rolle. Sie ist natürlich besonders ausgesprochen bei langsam fliefsenden Strömen[1]).

Es fragt sich nun, ob das Sedimentieren der Teilchen nur einen Teil der Bakterien mechanisch mit niederreifst oder ob schon von vornherein an den suspendierten Massen gröfsere Bakterienmengen haften.

Man könnte sich die Sache z. B. so vorstellen: Die im Wasser suspendierten Teilchen organischer Substanz bilden, im Verhältnis zu den gelösten organischen Substanzen des übrigen Wassers, den konzentrierteren Nährstoff. Infolgedessen üben sie auf die Bakterien eine Art chemotaktische Wirkung aus und ziehen einen grofsen Teil der Keime an sich, mit denen sie beladen, nach längerem oder kürzerem Wege auf den Flufsboden niedersinken.

Thatsächlich lehrt die direkte mikroskopische Beobachtung, dafs im veruneinigten Wasser bisweilen ganze Bakteriennester den Schwebestoffen anhaften.

Indes beweisen diese Beobachtungen nichts für den ursächlichen Zusammenhang, auch ist die Menge der freien Bakterien stets eine sehr grofse.

Experimentelle Versuche zur Entscheidung dieser Frage stofsen auf mancherlei Schwierigkeiten.

1) Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hygiene, Bd. XXXVIII, S. 191 sq.

Digitized by Google

Um zu erfahren, in welchen Bestandteilen des Kanalwassers die Hauptmenge der Keime sich befindet, habe ich drei Wege eingeschlagen.

Einmal wurde frisches Kanalwasser, nachdem seine Bakterienmenge insgesamt (nach kräftigem Schütteln) in der üblichen Weise[1]) bestimmt war, in gemessenen Portionen centrifugiert, die über dem Bodensatz stehende Flüssigkeit in einen mit Eis gekühlten sterilen Kolben abgegossen, der Rückstand mit sterilem Wasser aufgenommen, das Gemisch darauf in einer sterilisierten Kugelmühle 10 Minuten lang zerrieben, abermals centrifugiert und abgegossen. Diese Prozedur wurde schnell 4—5 mal hintereinander wiederholt, von den gesammelten gemessenen in Eis gekühlten Dekantationen durch Plattenmethode die Keimzahl bestimmt, und schliefslich auch von dem aufgewirbelten Rückstand noch Platten gegossen.

Es war anzunehmen, dafs, wenn in den suspendierten Teilen erbebliche Mengen von Bakterien steckten, dieselben durch das mehrfache Zerreiben in der Kugelmühle frei geworden sein würden. Pro ccm Kanalwasser gerechnet, mufste dann bei diesem Verfahren (Methode B) die Keimzahl erheblich gröfser ausfallen als bei der einfachen Verimpfung des ursprünglichen Kanalwassers (Methode A).

Zwei in dieser Weise angestellte Versuche ergaben folgendes Resultat:

Tabelle I.

	Keimzahl pro ccm	
	Methode A	Methode B
Versuch 1	10 483 200	15 990 640
Versuch 2	11 414 000	10 382 000

Da beim Arbeiten nach Methode B im Centrifugensediment schliefslich immer noch eine ungeheure Menge von Keimen

1) Verdünnung abgemessener kleiner Mengen mit bestimmten Portionen sterilen Wassers, Bestimmung der Keimzahl der Mischung mittels Gelatineplattenmethode.

Digitized by Google

steckte, deren Zahl durch Aufwirbeln und direkte Verimpfung festgestellt, und der in den gesammelten Dekantationen gefundenen hinzugezählt werden mufste, so erschien es praktischer, das Centrifugieren zu umgehen und den Versuch zu machen, durch einfaches Aufschlämmen und Quirlen die suspendierten Teile einigermafsen bis zur Keimfreiheit auszuwaschen.

Es wurde zu diesem Zwecke eine gemessene Menge Kanalwassers, dessen Gesamtbakteriengehalt vorher wieder in der üblichen Weise festgestellt war, in ein grofses Spitzglas übergegossen, und letzteres sofort in eine Kochsalzeismischung gepackt, wodurch es fast auf Gefrierpunktstemperatur gehalten wurde. Nach vier Stunden war der gröfste Teil, auch des leichteren Sedimentes, ausgefallen. Die allerdings immer noch trübe überstehende Flüssigkeit wurde abgegossen, gemessen, ihr Keimgehalt durch Plattenkultur festgestellt, das Sediment mit einer neuen Wassermenge übergossen, tüchtig mittels Glasstabes verrührt, abermals in einer Kältemischung der Sedimentierung überlassen und in der abgegossenen, gemessenen Flüssigkeit abermals der Keimgehalt ermittelt.

Diese Manipulationen wurden so lange wiederholt, bis die überstehende Flüssigkeit ganz klar blieb, so dafs ein vermindertes Wachstum auf den Platten zu erwarten war.

Da die Mischung in den Zwischenzeiten dauernd auf einer Temperatur zwischen 1 — 6° C. gehalten wurde, so kann eine nennenswerte Vermehrung der Keime nicht stattgefunden haben.

Das Resultat des Versuches war folgendes:

300 ccm frisches Kanalwasser, gut durchgeschüttelt und nach der Plattenmethode bakteriologisch untersucht, lieferten 1244 Millionen Keime.

Nach vierstündigem Absitzenlassen in Eispackung fanden sich in der über dem Sediment stehenden Flüssigkeit insgesamt 1103 Millionen Keime.

Das Sediment wurde unter dauernder Eiskühlung (wie oben angegeben) mit immer neuen Wasserportionen ausgewaschen.

Digitized by Google

Die einzelnen Dekantationen enthielten insgesamt:

Tabelle II.

1.	Dekantation	130	Millionen
2.	»	105	»
3.	»	22	»
4.	»	5	»
5.	»	6	»
6.	»	16	»
7.	»	7	»
8.	»	11	»
9.	»	5	»
10.	»	8	»
	zusammen	315	Millionen

aus dem Sediment ausgewaschene Bakterien.

Die Summe aus den im erstmalig geklärten Kanalwasser gezählten Keimen plus den ausgewaschenen (1103 + 315 = 1418 Millionen) übertrifft also nur unwesentlich die Zahl, die bei direkter Verimpfung des ursprünglichen Kanalwassers gefunden wurde (1244 Millionen).

Da anzunehmen war, dafs durch das blofse Aufschlämmen eine merkliche Zerkleinerung des Sedimentes nicht stattfinden konnte, so wurde der Versuch noch einmal wiederholt, statt des Aufwirbelns mittels Glasstab aber ein Zerreiben des Sediments im sterilen Porzellanmörser angewandt. Resultat wie folgt:

Angewandt 300 ccm Kanalwasser.

Keimgehalt der durch vierstündiges Stehen in Eis geklärten Flüssigkeit 1956 Millionen.

Tabelle III.

Im ersten Aufgufs des verriebenen Sediments:

	188	Millionen
im zweiten	134	»
im dritten	35	»
im Rest (aufgeschüttelt)	80	»
zusammen	437	Millionen.

Digitized by Google

Verhältnis der Keimmenge im Sediment zu der Keimmenge im flüssigen Anteil wie 437 : 1956 = 1 : 4,5.

Da das Sediment durch alle geschilderten Eingriffe (Schütteln, Rühren, Centrifugieren, Zerreiben) äufserlich nicht merklich verändert erschien, so ist die Frage, ob man durch diese Manipulationen nicht etwa nur die aufsen anhaftenden Bakterien entfernt hat, nicht abzuweisen.

Versuche, die Keime mikroskopisch zu zählen, schlugen fehl wegen dem beigemischten Detritus, welcher das sichere Erkennen der Keime erschwert, ja unmöglich macht. Versucht wurde die Methode von Winterberg[1]), welche sich der Thoma-Zeifsschen Zählkammer bedient, die Methode von Alexander Klein[2]) und eine Methode von K. Schreiber[3]), welche eine Art von Kombination beider Methoden bildet und dadurch besonders geeignet erschien, dafs die Verteilung der Bakterien in der siedenden Farblösung stattfindet. Aber auch hier störte der Detritus, welcher die Keime teils verdeckte, teils vortäuschte.

Die angeführten Versuche berechtigen einstweilen zu keinem anderen Schlusse, als dafs sich, an der Oberfläche der suspendierten Teilchen haftend, eine grofse Menge von Bakterien findet, die etwa $^1/_5$ bis die Hälfte der in der Flüssigkeit vorhandenen Keimzahl erreichen kann. Als suspendierte Teilchen rechne ich hier nur die gröberen, welche sich in einigen Stunden absetzen. Im Kanalwasser ist bekanntlich selbst durch längeres kräftiges Centrifugieren ein Sedimentieren aller (auch der feinsten) Partikelchen nicht zu erreichen.

Neben diesen oberflächlich anhaftenden Keimen mögen nun im Innern der organischen Schwimmstoffe noch zahlreiche andere Bakterien sitzen. Dieselben können eventuell allmählich frei werden, nämlich dann, wenn ihre Träger auf dem Flufsboden

1) Zur Methodik der Bakterienzählung. Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt.-Krankh., Bd. 29, S. 75.

2) Eine neue mikroskopische Zählungsmethode der Bakterien. Centralbl. f. Bakt., 1. Abt., 1900, Bd. XXVII, S. 834; vgl. auch Hehewerth, Archiv f. Hygiene, Bd. 39, S. 321.

3) Nicht veröffentlicht.

Digitized by Google

angelangt nach und nach der mechanischen Zertrümmerung durch Sand- und Kiesteilchen verfallen oder durch biologische Prozesse (Aufschliefsung durch Cellulose-Gährung etc.) gelöst werden.

Aber selbst, wenn nur die aufsen anhaftenden Keime in Betracht kämen, ist der Bakteriengehalt in den Schwebestoffen ein bedeutender.

Unter der Annahme, dafs im Liter Kanalwasser 500 mg Schwebestoffe sich fänden, also 150 mg in 300 ccm (ich fand in Versuch III 139 mg trockene Schwebestoffe in 300 ccm des verwendeten Kanalwassers), dafs ferner die feuchte Substanz durchschnittlich 25% Trockensubstanz besitzt, würde sich beispielsweise im Versuch III der Keimgehalt von 1 mg feuchten Schwebestoffen auf 728000 berechnen.

Zum Vergleich mögen die Keimzahlen angeführt werden, die Sucksdorff[1]) bei verschiedener Ernährung in 1 mg Fäces fand, und welche sich bei gewöhnlicher Kost auf 25000 bis 2304000 beliefen.

Die gröberen Schwebestoffe des Kanalwassers sind also bakteriologisch den Fäces als gleichwertig anzusehen. Sie bestehen gewifs auch zum grofsen Teile aus Fäkalteilen.

In Versuch III enthielten 300 ccm sedimentierten Kanalwassers 1956 Millionen Keime, 1 ccm also 6,5 oder rund 7 Millionen. Es trafen demnach auf 1 mg Schwebestoffe etwa so viel Keime wie auf $^1/_{10}$ ccm Flüssigkeit oder gewichtsmäfsig ausgedrückt: Die gleiche Menge Schwebestoffe enthielt rund 100mal soviel Keime als die gleiche Gewichtsmenge Flüssigkeit (Wasser).

Den Schwebestoffen kommt demnach als Bakterientransportmittel eine wesentliche Bedeutung zu, und die Verminderung der Schwebestoffe in einem Flufswasser wird zugleich eine wesentliche Minderung der nach dieser

1) Das quantitative Vorkommen von Spaltpilzen im menschlichen Darmkanale. Archiv f. Hygiene, Bd. IV, S. 355.

Digitized by Google

Richtung hin bestehenden sanitären Übelstände bedeuten.

Eine andere Frage ist aber die, ob die suspendiert bleibenden Schwebestoffe einen erheblichen Anteil an den im Wasser sich abspielenden Zersetzungsvorgängen, im speziellen den Oxydationsvorgängen nehmen oder ob diese Zersetzungsprozesse im wesentlichen die gelösten Stoffe des Wassers ergreifen. Diese Frage ist naturgemäfs für das ganze Kapitel der Flufsverunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse von gröfster Bedeutung.

Ich habe früher[1]) gezeigt, dafs wir die Oxydation organischer Substanzen im Wasser, soweit kürzere Zwischenräume in Betracht kommen, einstweilen nur durch den Wechsel in seinem Gasgehalt verfolgen können. Das am leichtesten im Wasser zu bestimmende Gas ist der Sauerstoff und seine Abnahme (»Sauerstoffzehrung«) ist ein Mafsstab für die Gröfse der im Wasser ablaufenden Oxydationen.

Nachdem ich in meiner früheren Arbeit[2]) die Ursachen der Sauerstoffzehrung dargelegt und auf die verschiedenen Faktoren hingewiesen habe, welche sie beeinflussen, habe ich die gleiche Methode im vorliegenden Falle angewendet, um zu konstatieren, ob zwischen einem Schmutzwasser mit und ohne suspendierte Bestandteile Unterschiede in der Schnelligkeit und Gröfse der Zersetzung bestehen.

Enthält das suspendierte Material für die Bakterien leicht angreifbare Nährstoffe, so stellt ein Schmutzwasser mit Schwebestoffen eine konzentriertere Nährlösung vor als das gleiche Wasser ohne dieselben. Es mufs daher in diesem Falle das Wasser mit dem suspendierten Material eine schnellere und intensivere Sauerstoffzehrung aufweisen als das Wasser ohne Schwebestoffe.

Der Versuch wurde in doppelter Weise angestellt.

Das eine Mal wurde ein bestimmtes abgeschlossenes Sauerstoffquantum der Aufzehrung überlassen, das andere Mal liefs ich

1) a. a. O., S. 256.
2) a. a. O., S. 216—265.

Digitized by Google

die Sauerstoffzehrung in offenen Gefäfsen ablaufen, so dafs der Sauerstoff durch Diffusion aus der Luft ergänzt werden konnte.

Versuch I. Frisch aus der Pumpstation der Kanalisation geholtes Kanalwasser wurde, nach gründlichem Durchschütteln, in drei Portionen geteilt. Die 1. Portion wurde ohne weiteres dreimal eine Stunde lang fraktioniert sterilisiert, die 2. Portion wurde durch ein Faltenfilter filtriert und das Filtrat in gleicher Weise von Keimen befreit.

Die 3. Portion wurde durch ein thönernes Pukallfilter geschickt, und das gelbe klare Filtrat wie Portion 1 u. 2 behandelt.

Jede dieser Portionen wurde darauf mit Leitungswasser verdünnt, so dafs eine Mischung von 1 Teil Kanalwasser zu 20 Teilen Leitungswasser resultierte. Diese Mischungen wurden in drei grofsen Kolben nochmals sterilisiert und sodann 24 Stunden bei 20° C. aufbewahrt.

Nach dieser Zeit wurde der Inhalt jedes der drei Kolben mit einer gleichen kleinen Portion (pro Liter 3 ccm) durch natürliche Sedimentierung geklärten frischen Kanalwassers geimpft, kräftig mit Luft durchgeschüttelt und dann nach der in meiner früheren Arbeit (S. 246) angegebenen Methode in geaichte, ca. 300 ccm fassende Flaschen mit eingeschliffenen und eingefetteten Glasstöpseln übergefüllt.

Es wurde dann von jeder der drei Portionen eine Probe sofort auf Sauerstoffgehalt und Keimzahl[1]) untersucht. Die übrigen Flaschen blieben bei einer konstanten Temperatur von 20° C. stehen. Jedesmal nach zwei Stunden wurde dann eine neue Serie von drei Flaschen auf Bakteriengehalt und Sauerstoff geprüft.

Tabelle IV auf S. 74 enthält die Resultate.

Ein nennenswerter Unterschied zwischen den drei verschiedenen Kanalwasserleitungswassermischungen existiert also nicht. Die Erschöpfung an Sauerstoff tritt zur gleichen Zeit ein, damit proportional — soweit die Plattenzählmethode uns darüber Aufschlufs geben kann — geht das

1) Zur guten Verteilung der Bakterien in den völlig gefüllten Flaschen vor dem Plattengiefsen dienten wie früher sterilisierte Glasperlen.

Digitized by Google

Wachstum der Bakterienmenge. — Indes dieser Versuch beweist nur, dafs die anfängliche Oxydation in allen drei Fällen gleich schnell verläuft, über eine etwaige verschiedene Dauer derselben sagt er uns nichts. Es war daher der folgende abgeänderte Versuch noch nötig. Frisches Kanalwasser wurde wieder in drei Portionen geteilt, die erste direkt fraktioniert sterilisiert, die zweite erst ³/₄ Stunden lang centrifugiert, dekantiert und dann keimfrei gemacht. Die dritte Portion wurde wieder vor dem Sterilisieren durch ein Thonfilter filtriert.

Tabelle IV.

Zeit der Unter-such-ung	Unfiltriertes Kanalwasser			Durch Faltenfilter filtriertes Kanalwasser			Durch Thonfilter filtriertes Kanalwasser		
	Sauerstoff ccm pro Liter	Keime pro ccm	Sauerstoff gezehrt in 2 Std. ccm	Sauerstoff ccm pro Liter	Keime pro ccm	Sauerstoff gezehrt in 2 Std. ccm	Sauerstoff ccm pro Liter	Keime pro ccm	Sauerstoff gezehrt in 2 Std. ccm
11³⁰	4,85	92 860	—	5,30	83 320	—	5,92	114 500	—
1³⁰	4,74	64 236	0,11	5,24	127 200	0,06	5,85	212 570	0,07
3³⁰	verloren	83 952	—	5,12	154 555	0,12	5,81	156 460	0,04
5³⁰	4,35	277 930	0,39	4,94	251 860	0,18	5,36	254 400	0,45
7³⁰	3,67	686 880	0,68	4,39	403 325	0,55	4,65	481 450	0,71
9³⁰	1,60	4 143 000	2,07	2,78	1 908 000	1,61	2,80	5 724 000	1,85
11⁴⁵	0,12	Platten zerflossen	1,48	0,22	Platten zerflossen	2,56	0,22	Platten zerflossen	2,58

In einem Raum mit einer konstanten Temperatur von 22° wurden ca. 70 cm hohe gläserne Standgefäfse von 18 cm lichter Weite aufgestellt und mit je 10 l Wasser von 22°, das vorher durch Schütteln mit Luft mit Sauerstoff angereichert war, gefüllt. Dem ersten Cylinder wurden dann 400 ccm unfiltriertes, dem zweiten 400 ccm centrifugiertes, dem dritten 400 ccm durch Thon filtriertes steriles Kanalwasser zugemischt (Verdünnung also 1 : 25) und dann die Impfung der Mischungen mit je 10 ccm auf natürlichem Wege von Schwebestoffen befreiten Kanalwassers vollzogen. Nach nochmaliger gründlicher Durchmischung wurde von jedem Cylinderinhalt sofort eine Sauerstoffbestimmung gemacht, und dieselbe dann in gewissen Zwischenräumen so wiederholt, dafs die Wasserspiegel

Digitized by Google

gleichmäfsig in allen drei Cylindern absanken. Die 10400 ccm Wasser bildeten anfangs in den Cylindern eine ca. 40 cm hohe Wassersäule mit einer freien, luftberührenden Fläche von 254 qcm. Das Wasser für die Proben wurde stets 10 cm über der Bodenfläche abgehebert[1]).

Am Ende des Versuches war das Niveau gleichmäfsig auf 21 cm in allen Cylindern gesunken.

Tabelle V.

Zeit der Entnahme		Sauerstoffgehalt (ccm pro Liter)		
Datum	Stunde	Unfiltriertes Kanalwasser	Centrifugiertes Kanalwasser	Durch Thon filtriertes Kanalwasser
5. VII.	10^{30}	5,67	5,30	5,38
5. VII.	1^{50}	5,52	5,63	5,61
5. VII.	$6^{\underline{30}}$	4,77	5,13	4,38
6. VII.	10^{30}	0,21	0,29	0,52
7. VII.	10^{00}	0,16	0,25	0,95
9. VII.	$6^{\underline{00}}$	—	2,02	2,58
10. VII.	4^{15}	2,05	2,77	—
11. VII.	4^{15}	2,60	3,45	4,14
12. VII.	1^{40}	3,14	4,14	4,78
13. VII.	12^{00}	—	4,57	5,12

Wie man aus der Tabelle ersieht, setzt die Zehrung gegen die achte Stunde hin nach der Infektion ein und verläuft dann so rapide, dafs nach 24 Stunden fast aller Sauerstoff aufgezehrt ist. Um diese Zeit ist das Wasser in allen drei Cylindern, das anfänglich nur in den beiden ersten Cylindern von mangelnder Klarheit war, durchgehends getrübt. Hiermit, höchstens aber nach weiteren 24 Stunden, ist die Hauptzersetzung abgelaufen, und es erfolgt immer eine langsamere, weniger stürmische Zerlegung, bei welcher weniger Sauerstoff verbraucht wird als dem Wasser durch Diffusion zugeht. Infolgedessen steigt der Sauerstoffgehalt langsam wieder an, und ein Blick auf die Tabelle[2]) lehrt unzweifelhaft, dafs das durch Thon

1) Über die Art der Entnahme der Proben vgl. a. a. O., S. 235.

2) Von den Bestimmungen sind leider drei verunglückt.

Digitized by Google

filtrierte Kanalwasser den beiden anderen in der Sauerstoffanreicherung vorauseilt, und zwar bleibt das unfiltrierte am meisten zurück, während das centrifugierte sich in der Mitte hält.

Dieser Versuch demonstriert sehr deutlich, dafs es die gelösten organischen Stoffe sind, welche der schnellen Zersetzung anheimfallen, dafs die sedimentierten Schwebestoffe nur langsam angegriffen werden, dann aber, wenn auch in geringerem Mafse, als man a priori erwarten sollte, den Gasgehalt des Wassers zu beeinflussen vermögen. Jedenfalls vermochten sie bei der Verdünnung 1 : 25, die hier vorlag, nicht die allmählich fortschreitende Sättigung des Wassers mit Sauerstoff zu hemmen, obgleich die Bedingungen für diese Sättigung nicht sonderlich günstige waren (Stagnation, Temperatur 22°).

Es sei indes hier gleich bemerkt, dafs diese Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die natürlichen Verhältnisse eines Flufslaufes angewandt werden können und zwar insoferne nicht, als es sich bei einem Flufs meist um gröfsere Wassertiefen als hier (40 cm) handelt, die Sauerstoffaufnahme dadurch verzögert wird, und die Zersetzung eines in gröfseren Mengen abgesunkenen Sedimentes auf dem Flufsboden daher vielfach — worauf schon frühere Versuche hingedeutet haben — anaërob verläuft. Ich komme auf diese Frage im Verlaufe der Arbeit noch einmal zu sprechen, möchte aber hier inzwischen in einer Angelegenheit das Wort nehmen, welche für die Stadt Berlin nach verschiedenen Richtungen hin von Bedeutung ist.

In einer unlängst (Januar 1901) erschienenen Denkschrift, deren Inhalt später in der Deutschen Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege publiciert wurde[1]), stellt Herr Regierungsbaumeister Schümann Betrachtungen und Berechnungen über die Verunreinigung der öffentlichen Gewässer zu Berlin durch die

1) Die Verunreinigung der öffentlichen Gewässer zu Berlin. Von Wasserbauinspektor Schümann. Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege, 34. Bd., 2. Heft, S. 226.

Digitized by Google

städtische Kanalisation an, welche geeignet sind, für die Zukunft in sanitärer Hinsicht Besorgnisse zu erwecken. Da ich mich seit mehreren Jahren mit der gleichen Frage beschäftige, so möchte auch ich an dieser Stelle zu dieser nicht unwichtigen Angelegenheit Stellung nehmen.

Indem ich speciellere Interessenten auf die Einzelheiten der Schümannschen Arbeit selbst hinweise, will ich hier nur kurz den wesentlichen Gedankengang der Arbeit anführen.

Die Stadt Berlin ist zum Zwecke einer rationellen Entwässerung in zwölf Radialbezirke geteilt, von denen elf zur Zeit ausgebaut sind. Das für Berlin verwendete System der Abwässerabführung ist das Mischsystem, d. h. es werden Hauswässer und Regenabwässer gemeinsam den Pumpstationen zugeführt, um von hier aus durch die Druckrohre auf die Rieselfelder befördert zu werden. Nach den Hobrechtschen Entwürfen wurden für die Abmessungen des gemeinsamen Leitungsnetzes 22,7 l Abwasser pro Hektar (10000 qm) angenommen, von denen auf das Hauswasser 1,5 l und auf das Regenwasser 21,2 l entfallen. Bei der Ausführung wurden die nach diesen Grundsätzen berechneten Abmessungen des weiteren bis um etwa ein Drittel erhöht, und zur wirksamen Entlastung des Rohrnetzes bei aufsergewöhnlichen Regenfällen eine Anzahl von Notauslässen rechnerisch ermittelt, die jedoch zur weiteren Sicherheit durch eine Reihe überzähliger Notauslässe an örtlich besonders geeigneten Stellen noch vermebrt wurden.

Heute existieren im ganzen 120 Notauslässe, von denen auf die Spree 53, auf den Landwehr- und Luisenstädter Kanal 51 und auf den Spandauer Schiffahrtskanal 10 entfallen und 6 in die Panke münden.

Von diesen Notauslässen sind 114 selbstthätige Überläufe, die zum gröfsten Teil mit ihrer Sohle resp. Mündung unter dem Wasserspiegel der Spree resp. der Kanäle liegen. Nur die (6) Hauptnotauslässe der Pumpstationen I, II, III, V, IX und XII werden als Schützenwehre mit der Hand geöffnet.

Das Inthätigkeittreten der selbstthätigen Überläufe in Berlin ist daher so gut wie unkontrollierbar, jedenfalls erfolgt es im allgemeinen früher als bei den sechs genannten regulierbaren, und zwar dann, wenn das Kanalnetz über $^2/_3$ gefüllt ist.

Was die Vororte von Berlin anbetrifft, so bilden Charlottenburg, Schöneberg, Wilmersdorf, Friedenau, Schmargendorf und die Kolonie Grunewald eine besondere Entwässerungsgenossenschaft, welche, unabhängig von Berlin, eigene Rieselfelder bewässert. Die Notauslässe dieses Kanalisationssystems sind sämtlich feste Überläufe und liegen höher als der Hauptnotauslafs der Pumpstation, welch letzterer also bei starken Regenfällen zuerst zu speien beginnt, so dafs hier die Kontrolle eine viel leichtere ist als in Berlin.

Im Südosten kommt Rixdorf für die Verunreinigung der Berliner Gewässer in Betracht, dessen Notauslässe durch den Wiesengraben indirekt

(zwischen Wiener- und Kottbuserbrücke) und direkt in den Landwehrkanal münden.

Auch ein Teil von Lichtenberg ist an die Berliner Kanalisation angeschlossen. Ferner hat sich der Berliner Magistrat bereit erklärt, die Hauswässer der mit Trennsystem versehenen Vororte Tempelhof, Niederschönhausen und Mariendorf an die Berliner Kanalisation anzuschliefsen. Diese Gemeinden entwässern indes direkt in das Berliner Druckrohr, kommen also für die vorliegende Frage nicht in Betracht, auch ist der Betrieb noch nicht im Gange.[1])

Die Gemeinden Pankow, Lichtenberg, Rummelsburg haben ebenfalls Trennsystem, klären ihre Hausabwässer mechanisch und chemisch und führen sie dann durch Panke, Kuhgraben und Grenzgraben der Oberspree zu. Stralau, ebenfalls mit Trennsystem versehen, entwässert nach Berlin mittels eigenen Druckrohres nach der Pumpstation.

Andere Gemeinden, z. B. Reinickendorf, kommen nicht in Betracht, da sie auf andere Vorfluter angewiesen sind.

Dagegen findet an der Oberspree von seiten zahlreicher Fabriken, gewerblicher Anlagen, Restaurationen etc. ein ziemlich wilder und unkontrollierbarer Abflufs von Haus- und Regenwässern in den Flufs statt, auch ist die Qualität des von den oben genannten Gemeinden gelieferten geklärten Abwassers angeblich und wie aus den darüber vorliegenden Analysen ersichtlich ist, eine recht mangelhafte.[2])

Für die Beschaffenheit des Wassers der Spree und der Kanäle innerhalb des Weichbildes von Berlin kommen also, um das noch einmal zusammenzufassen, aufser der Stadt selbst nur Rixdorf, ein Teil von Lichtenberg und Stralau direkt, indirekt aber auch Pankow, Lichtenberg, Rummelsburg durch ihre »geklärten Abwässer« und die Etablissements an der Oberspree in Frage.

Es hat sich nun, wie Schümann schreibt, im Laufe des letzten Jahrzehnts innerhalb des Weichbildes von Berlin und Charlottenburg in zunehmendem Mafse eine Veränderung der Regenwasserabführung insofern bemerkbar gemacht, als infolge der dichteren Bebauung und der Zunahme des wasserdichten Pflasters das Regenwasser bedeutend schneller und in gröfseren Mengen den Leitungen zufliefst als früher, wo die mit rauhem, durchlässigem Pflaster versehenen Strafsen, die vielfach unge-

1) Anschlufs von Tempelhof inzwischen seit dem 1. Juli 1902 in Betrieb gesetzt.

2) Vgl. weiter unten am Schlufs.

Digitized by Google

pflasterten Höfe und die noch zahlreichen Gärten im Innern der Stadt die Hobrechtschen Annahmen eher rechtfertigten. So betrug in Berlin das wasserdichte Pflaster

1885	1895	1899
30,6	70,7	82,8 %

der gesamten Dammfläche. Schon aus diesem Grunde ist es theoretisch sehr wahrscheinlich, dafs die Kanalnetze, die ursprünglich berechneten Niederschlagsmengen (vgl. oben) nicht mehr aufnehmen können. Dieses auch praktisch und rechnerisch zu erweisen, ist die Hauptaufgabe der Schümannschen Arbeit. Da für eine solche Berechnung die unkontrollierbaren Verhältnisse der Berliner Notauslässe keinen Anhaltspunkt gaben, benützte Schümann die Angaben des selbstschreibenden Pegels im Sandfange der Charlottenburger Pumpstation, sowie des dortigen selbstschreibenden Regenmessers.

Da, wie oben erwähnt, der Charlottenburger Hauptnotauslafs niedriger liegt als die übrigen selbstthätigen, so liefs sich feststellen, bei welcher Regenhöhe und bei welcher Regendauer der Auslafs zu speien anfing; durch Beobachtung von schwachen Regenfällen, wo die Pumpen der Station gerade andauernd imstande waren, den Pegelstand der Überfallschwelle zu halten, berechnete Schümann aus der auf den Radialbezirk niedergegangenen Regenmenge und dem zufliefsenden Hauswasser einerseits, und der durch die Pumpen geförderten Wassermenge anderseits, dafs bei schwachem längerem Regen von 0,5 mm Höhe die Hälfte der Regenmenge dem Rohrnetz zufliefst und die Hälfte verdunstet und versickert, während bei stärkeren und erheblichen Niederschlägen bis 90 % und mehr dem Kanalsystem zuströmen sollen.

Bei einer stündlichen Regenhöhe von nur 1 mm laufen nach Schümann die Notauslässe schon nach zweistündiger Regendauer, bei 3 mm Höhe schon nach einer Stunde, bei 7 bis 8 mm Höhe schon nach einer $^1/_2$ Stunde u. s. w. Es würde also nur ein dauernder Regen von 0,4 bis 0,5 mm stündlicher Höhe von den

Digitized by Google

Pumpen bewältigt werden und demnach bei jedem nennenswerten Regenfall ein Speien der Notauslässe eintreten.

Was für Charlottenburg gilt, würde bei den ähnlichen Berliner Verhältnissen auch für Berlin Gültigkeit haben. Die Berliner Notauslässe würden, wie Schümann schreibt, zwar früher, aber ihrer grofsen Zahl wegen nicht so lange speien als die Charlottenburger.

Diese Resultate sind in höchstem Grade auffallende. Ich enthalte mich aber jeder Kritik dieser auf rein technischem Gebiete liegenden Berechnungen. Dagegen möchte ich die in den Rayon des Hygienikers fallenden Bemerkungen und Schlufsfolgerungen Schümanns hier nicht unerörtert lassen.

Schümanns Arbeit beginnt mit dem Satze: »Die Verunreinigung der Berliner Wasserläufe hat in den letzten Jahren allgemach einen solchen Umfang angenommen, dafs es, abgesehen von ästhetischen Bedenken, allein aus gesundheitlichen Gründen geboten erscheint, sie auf ihre Ursachen hin zu prüfen, und gegebenenfalls Mittel zur Abhilfe vorzuschlagen. Die Vorwürfe richten sich zumeist dagegen, dafs die Notauslässe zu häufig in Thätigkeit treten, worauf nicht nur der äufsere Anblick der nach jedem stärkeren Regenfall mit schmutzigem Wasser gefüllten Flufsbetten, sondern auch im Sommer das Fischsterben, und an manchen Stellen Ausdünstungen hinweisen, die bei den Anwohnern Anstofs und Besorgnis erregen. Die Forderung, die an den Grad der Reinheit eines Wasserlaufes als untere Grenze gestellt werden mufs, ist, dafs die Verunreinigung ein erträgliches Mafs, das von der Natur des Flusses abhängt, nicht überschreitet, insbesondere, dafs Nase und Auge nicht durch umherschwimmende Stoffe belästigt werden und die Flufssohle nicht übermäfsig verschlammt ist.«

Digitized by Google

Nachdem Frank im Jahre 1886 die ersten systematischen Untersuchungen[1]) über die Verunreinigungen der Spree und des Landwehrkanals angestellt hatte, setzten wir[2]) zehn Jahre später (1896) diese Untersuchungen in ähnlicher Weise fort, um festzustellen, inwieweit die Entwicklung der Stadt und der Fortschritt in ihren Entwässerungsverhältnissen auf die Beschaffenheit des Flufslaufes eingewirkt hatten.

Wir kamen damals zu dem Resultat, dafs einmal die absolute Menge der mitgeführten Keime und der chemischen Bestandteile im Vergleich mit den Untersuchungen aus dem Jahre 1886 sich nicht vermindert hatte, dafs sie vielmehr teilweise sogar gröfser geworden war, und ferner, dafs die Mengenverhältnisse der Bakterien und der chemischen Stoffe erkennbar beeinflufst wurden nur durch die Veränderungen in der Flufswassermenge.

Wir zogen daraus den Schlufs, dafs die städtischen Abwässer die Schuld an der Verunreinigung der Spree nicht tragen, dafs vielmehr der gesteigerte Schiffsverkehr und das gesteigerte Lösch- und Ladewesen dafür verantwortlich gemacht werden müfste. Dagegen konstatierten wir eine Verbesserung des Wassers des Landwehrkanals gegen das Jahr 1886.

Ich habe sodann im Jahre 1898 und 1899 die Untersuchungen an der Spree und dem Landwehrkanal wieder, unter Zuhilfenahme neuer Methoden, aufgenommen, um über die Frage der Selbstreinigung der Flüsse weitere Aufschlüsse zu erhalten.[3]) Da die Fragestellung bei dieser Arbeit eine geänderte war, so wurden die Stellen für Probeentnahmen z. T. anders gewählt und überhaupt auf die Notauslässe dabei wenig Rücksicht genommen, so dafs sich nur ein Teil der gewonnenen Resultate für den hier vorliegenden Zweck verwerten läfst (s. u.).

1) Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., 3. Bd., 1888.

2) Dirksen und Spitta, Die Veränderungen des Spreewassers auf seinem Laufe durch Berlin. Archiv f. Hygiene, Bd. 35.

3) Spitta, Untersuchungen über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hygiene, Bd. 38.

Digitized by Google

Jedenfalls war unter den von Dirksen und mir angestellten 25 Untersuchungsserien keine, bei welcher uns ein Einflufs der Notauslässe besonders sinnfällig vor Augen getreten wäre, obgleich wir sowohl an heiteren wie an Regentagen untersucht haben, und obgleich an einigen von den Untersuchungstagen ein Teil der Notauslässe sicher in Funktion war.

Wenn, wie also ja ohne weiteres zuzugeben ist, die Thätigkeit der Notauslässe das Flufswasser verunreinigen mufs, und anderseits, nach den Erhebungen Schümanns die Notauslässe sehr häufig in Thätigkeit treten, so konnte die auffallende Thatsache, dafs wir bei unseren Untersuchungen einen wesentlichen Einflufs nie gespürt hatten, obschon wir gehofft hatten, ihn nachweisen zu können, ihren Grund nur in zweierlei Dingen haben: Entweder wird die durch die Notauslässe gesetzte Verunreinigung des Flufswassers durch irgend welche Umstände (Verdünnung durch Regenwasser z. B.) derartig kompensiert, dafs sie nicht deutlich zum Ausdruck mehr kommt, oder die durch die Notauslässe hervorgerufene Verschmutzung ist eine so vorübergehende, dafs sie dem Untersucher entgeht, sobald er nicht genau den richtigen Zeitpunkt zur Untersuchung erfafst.

Um diese Frage zu entscheiden, waren zunächst noch Untersuchungen des Spreelaufs und der Kanäle vorzunehmen zu einer Zeit, wo die Notauslässe sicher in Thätigkeit waren, und die dabei erhobenen Befunde in Vergleich zu stellen zu den Resultaten, welche man an den gleichen Stellen bei trockenem Wetter, oder, besser gesagt, nach einer mehrtägigen trockenen Periode erhielt. Um dies ausführen zu können, war ich auf das Entgegenkommen einmal der Kgl. Wasserbauinspektion und anderseits der städtischen Kanalisationswerke angewiesen. Letztere benachrichtigten mich telephonisch, sowie auf zwei ausgewählten Pumpstationen (V u. III), bei einem stärkeren Regenfall der schnell steigende Pegel des Sandfangs ein Öffnen des Hauptnotauslasses erforderlich machte, und erstere stellte mir sodann für die vorzunehmende

Digitized by Google

Fahrt sofort ihren Dampfer zur Verfügung. Für die Unterstützung, welche ich nach dieser Richtung hin von beiden Seiten gefunden habe, spreche ich an dieser Stelle meinen besonderen Dank aus.

Für meine Untersuchungen wählte ich zwei Touren:

I. Tour. Die Spree von der Weidendammerbrücke aus westwärts hinunter bis Spandau. Von hier nach der oberen Havel und von dort durch den Spandauer Schiffahrtskanal zurück bis in die Spree.

II. Tour. Die Spree ostwärts hinauf von der Schillingsbrücke an, sodann durch den Luisenstädtischen Kanal in den Landwehrkanal und diesen nach Westen abwärts bis zur Einmündung in die Spree, dann diese ostwärts zurück bis zur Weidendammerbrücke.

(Siehe Tabelle VI—IX auf S. 84—87.)

Zur Orientierung diene die auf S. 88 folgende Abbildung, welche den Lauf der Spree von der Oberbaumbrücke bis Spandau, sowie die zugehörigen Kanäle aufweist. Auf derselben finden sich eine Anzahl der bei der Probeentnahme in Frage kommenden Brücken etc. eingezeichnet, ferner die Grenzen der einzelnen Radialbezirke. Die Notauslässe sind durch schwarze Striche markiert, die Pumpstationen durch schwarze Kreise, der zugehörige Notauslafs der Pumpstation ergibt sich von selbst. Die Charlottenburger Notauslässe sind durch ein vorgesetztes *Ch.* gekennzeichnet. Die Entnahmestellen wurden meist 20—100 m unterhalb eines Auslasses gewählt. Bei der dichten Aneinanderlage der einzelnen Auslässe waren längere Strecken ohne Kanalzuflüsse kaum zu finden, wenigstens im Weichbilde der Stadt, nur zwischen dem Proviantamt und dem Humboldhafen ist eine fast auslafsfreie ca. 1$^{1}/_{2}$ km lange Flufsstrecke, und wurde deswegen das Proviantamt als Entnahmestelle gewählt, um zu erfahren, ob auf dieser kurzen Strecke schon eine Art Selbstreinigung stattfände. Was nun zunächst die Keimzahlen und Sauerstoffzahlen im Spreelauf betrifft, so sind dieselben an dem trockenen Tage ziemlich gleichmäfsig. Es schwanken die Keimzahlen zwischen

(Fortsetzung des Textes auf S. 89.)

Digitized by Google

Tabelle VI.

Tour I A. 26. Oktober 1901. Wassertemperatur 13°. Kein Regen. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke 2,30. Notauslässe seit dem 9. Oktober im wesentlichen nicht offen.

Laufende Nummer	Entnahmestelle	Sättigungswert für Sauerstoff bei 13° C.	1 l Wasser enthält Sauerstoff bei der Entnahme ccm	Differenz	1 l Wasser enthält nach 24 Stund. ccm	Zehrung in 24 Stund. ccm	Zehrung pro Liter in 1 Stunde ccm	NH_3	N_2O_3	1 ccm Wasser lieferte Keime auf der Gelatineplatte
1	Hinter der Weidendammer-									
2	brücke	7,352	4,62	2,73	4,28 [1])	0,34	0,014	deutl.	0	20 160
3	Am Proviantamt	7,352	4,58	2,77	3,68	0,90	0,037	+	0	16 895
4	Hinter der Gotzkowskybrücke	7,352	4,57	2,78	3,68	0,89	0,037	+	0	14 780
5	Vor der Charlottenburger Schleuse	7,352	4,40	2,95	3,51	0,89	0,037	+	0	15 140
6	300 m unterhalb der Charlottenburger Schleuse, unterhalb des Notauslasses	7,352	4,59	2,76	3,97	0,62	0,026	zieml. stark	0	10 370
7	Vor Spandau	7,352	5,05	2,30	4,44	0,61	0,025	+	0	10 560
8	Hinter Spandau (Notauslafs) .	7,352	6,32	1,03	5,95	0,37	0,015	0	0	} Platten zerbroch.
9	Obere Havel	7,352	6,46	0,89	6,36	0,10	0,004	0	0	
10	Schiffahrtskanal (an der Seestrafse)	7,352	4,48	2,87	3,22	1,26	0,052	stark	deutlich	36 750
	Schiffahrtskanal (Nordhafen) .	7,352	4,53	2,82	4,31	0,22	0,009	deutl.	0	16 000

1) Proben aufbewahrt bei ca. 15°.

Digitized by Google

Tabelle VII.

Tour I B. 6. Januar 1902. Wassertemperatur 4°. Regen. Notauslässe laufen bei Beginn der Fahrt seit 2 Stunden. Beginn der Fahrt mittags 1 Uhr. Notauslässe 5 Stunden lang offen. Starke Wellen.

Laufende Nummer	Entnahmestelle	Sättigungswert für Sauerstoff bei 4° C.	1 l Wasser enthält Sauerstoff bei der Entnahme ccm	Differenz	1 l Wasser enthält nach 27 Stund. ccm	Zehrung in 27 Stund. ccm	Zehrung pro Liter in 1 Stunde ccm	NH_3	N_2O_3	1 ccm Wasser lieferte Keime auf der Gelatineplatte
11	Hinter der Weidendammbrücke	9,142	8,16	0,98	6,22 [1])	1,94	0,072	+	+	57 300
12	Am Proviantamt	9,142	8,29	0,85	7,52	0,77	0,029	+	0	15 200
13	Hinter der Gotzkowskybrücke	9,142	8,31	0,83	5,38	2,93	0,109	+	0	43 400
14	Vor der Charlottenburger Schleuse	9,142	7,93	1,21	7,83	0,60	0,022	+	+	10 240
15	Unterhalb d. Charlottenburger Schleuse (Notauslafs) . . .	9,142	8,14	1,00	7,18	0,96	0,035	+	Spur	18 300
16	Vor Spandau	9,142	7,93	1,21	7,28	0,65	0,024	+	0	9 410
17	Hinter Spandau (Notauslafs läuft nicht)	9,142	8,52	0,62	7,70	0,82	0,030	nicht bestimmt	nicht bestimmt	666
18	Obere Havel	9,142	8,57	0,57	8,17	0,40	0,015	nicht bestimmt	nicht bestimmt	150
19	Schiffahrtskanal (Seestrafse) .	9,142	7,19	1,95	0,35	6,84	0,254	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht zählbar, 200 000 schätzungsweise
20	Nordhafen	9,142	6,48	2,66	0,67	5,81	0,215	nicht bestimmt	nicht bestimmt	nicht zählbar, 200 000 schätzungsweise

1) Proben 18 Stunden bei ca. 10°, dann 6 Stunden bei ca. 20° und 3 Stunden bei 22,5° aufbewahrt.

Digitized by Google

Tabelle VIII.

Tour II A. 25. September 1901. Wassertemperatur 18°. Kein Regen. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke 2,30. Seit dem 14. September waren die Notauslässe nicht geöffnet gewesen.

Laufende Nummer	Entnahmestelle	Sättigungswert für Sauerstoff bei 18° C.	1 l Wasser enthält Sauerstoff bei der Entnahme ccm	Differenz	1 l Wasser enthält nach 24 Stund. ccm	Zehrung in 24 Stund. ccm	Zehrung pro Liter in 1 Stunde ccm	NH_3	N_2O_3	1 ccm Wasser lieferte Keime auf der Gelatineplatte
21	Schillingsbrücke N. A. 3408, 50—100 m unterhalb des Notauslasses. Rechte Stromseite	6,614	4,40	2,21	2,54	1,86	0,077	+	0	17 395
22	Wasserthorbecken N. A. 4191	6,614	3,79	2,82	2,55	1,24	0,052	+	0	650
23	Waterloobrücke 50 m unterhalb N. A. 3294	6,614	4,03	2,58	2,67	1,36	0,057	+	0	15 970
24	Schöneberger Brücke 10 m unterhalb N. A. 3228 . .	6,614	3,57	3,04	1,97	1,60	0,067	+	0	18 710
25	Schöneberger Ufer 10 m unterhalb 4147	6,614	3,28	3,33	2,29	0,99	0,041	+	0	19 960
26	Gotzkowskybrücke N. A. 4670	6,614	4,04	2,57	2,52	1,52	0,063	+	0	3 760
27	Unterhalb der Weidendammerbrücke	6,614	4,67	1,94	3,54	1,18	0,047	+	0	—

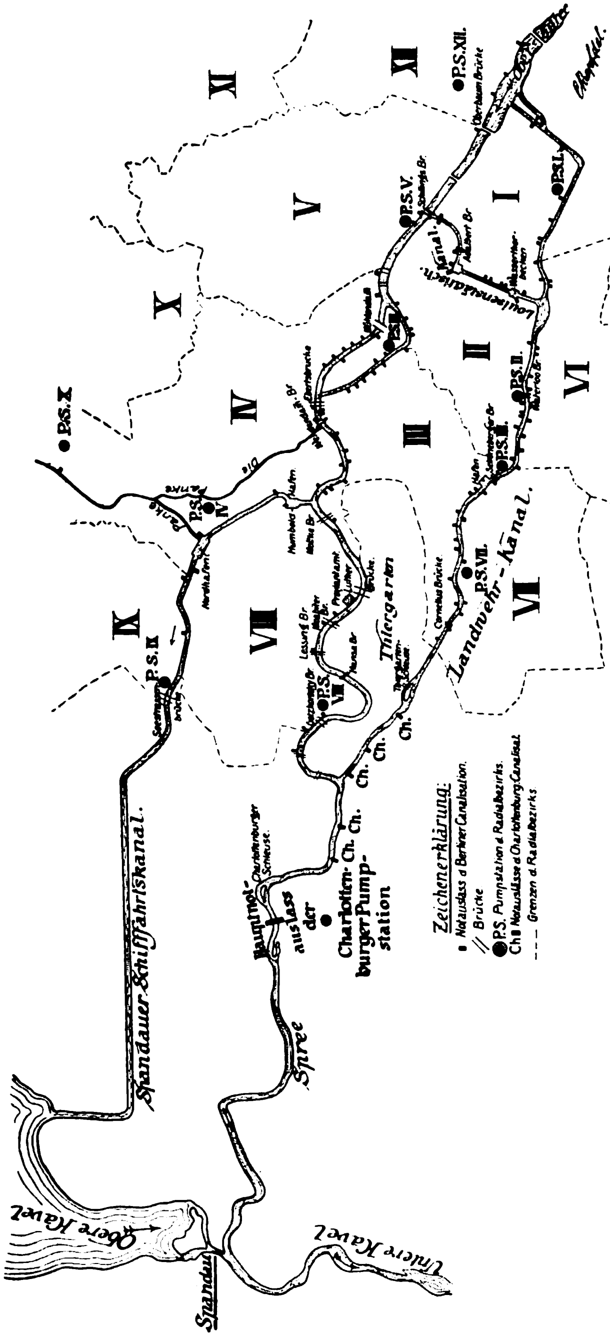
Digitized by Google

Tabelle IX.

Tour IIB. 9. Oktober 1901. Wassertemp. 12°. Regen. Speien der Notauslässe. Spreewasserstand: Oberbaumbrücke 2,30. Notauslässe waren am 6., 7. und 9. offen, zusammen ca. 9 Stunden, zuletzt während der Fahrt.

Laufende Nummer	Entnahmestelle	Sättigungswert für Sauerstoff bei 12° C.	1 l Wasser enthält Sauerstoff bei der Entnahme ccm	Differenz	1 l Wasser enthält nach 24 Stund. ccm	Zehrung in 24 Stund. ccm	Zehrung pro Liter in 1 Stunde ccm	NH_3	N_2O_3	1 ccm Wasser lieferte Keime auf der Gelatineplatte
28	Schillingsbrücke	7,518	5,13	2,39	0,10	5,03	0,209	stark	0	201 600
29	Unterhalb der Adalbertbrücke	7,518	5,40	2,12	5,09	0,31	0,013	mäfs. stark	0	5 660
30	Wasserthorbecken	7,518	4,03	3,49	3,49	0,54	0,023	+	0	10 350
31	Waterloobrücke	7,518	4,60	2,92	1,75	2,85	0,119	stark	0	70 695
32	Schöneberger Brücke . . .	7,518	3,80	3,72	0,12	3,68	0,157	sehr stark	0	103 680
33	Vor der Tiergartenschleuse .	7,518	2,84	4,68	0,00	2,84	—	sehr stark	0	425 600
34	Gotzkowskybrücke	7,518	4,73	2,79	3,94	0,79	0,038	mäfs.	0	12 595
35	Vor der Moltkebrücke (Packhof)	7,518	5,31	2,21	1,47	3,84	0,160	stark	0	59 610
36	Weidendammerbrücke . . .	7,518	5,13	2,39	2,10	3,03	0,126	stark	0	46 130

Digitized by Google


Spandauer Schiffahrtskanal.
Spree
Obere Havel
Untere Havel
Spandau
Landwehr-Kanal.
Thiergarten
Zeichenerklärung:
Brücke
Grenzen d. Radialbezirks
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII

10000 und 20000 pro ccm, die Sauerstoffzehrung pro l und Stunde zwischen 0,014 und 0,037 ccm. An dem Regentag sind die Unterschiede gröfser: die Keimzahlen schwanken zwischen 9000 und 57000, die Sauerstoffzehrung zwischen 0,022 und 0,109 ccm pro l und Stunde. Mit wenigen Ausnahmen gehen Keimzahl und Sauerstoffzehrung auch hier wie früher gut und proportional zusammen. Soweit sich aus einer einzigen vergleichenden Untersuchung ein Schlufs ziehen läfst, ist die Selbstreinigung resp. Verdünnung und Sedimentierung schon auf geringe Strecken hin bemerklich. So findet sich am Proviantamt am Regentage für Bakterienzahl und Sauerstoffzehrung eine sogar etwas niedrigere Zahl als an dem trockenen Tage, während die Zahlen an der vorausgehenden und folgenden Entnahmestelle (Weidendammerbrücke und Gotzkowskybrücke) um das Doppelte bis Dreifache gegenüber dem trockenen Tage betragen. Auch vor der Charlottenburger Schleuse ist ein Unterschied nicht zu spüren, im Gegenteil sind die Zahlen am Regentage auch hier sogar etwas niedriger als an dem trockenen. Unterhalb der Schleuse macht sich dann in mäfsigem Grade die Verunreinigung durch den Hauptnotauslafs der Charlottenburger Kanalisation geltend, eine Differenz, die vor Spandau bereits wieder verwischt ist.

Am Regentage tritt ferner an einigen Stellen salpetrige Säure im Wasser auf, während geringe Mengen Ammoniak an beiden Tagen sich fast überall nachweisen liefsen. Bemerkenswert ist auch, dafs sich an dem Regentage der ursprüngliche Sauerstoffgehalt des Wassers sehr nahe dem Sättigungswerte hält, was zum Teil wohl dem an diesem Tage vorhandenen lebhaften Wellengange zuzuschreiben sein dürfte, während an dem trockenen Tage, an welchem allerdings auch die Wassertemperatur eine höhere war, der ursprüngliche Sauerstoffgehalt meist nur $^2/_3$ des Sättigungswertes betrug.

Selbst wenn man die verschiedenen Wassertemperaturen in Rechnung zieht und den von ihnen bis zu einem gewissen Grade abhängigen anfänglichen Keimgehalt der Spree, der also wahrscheinlich vor Einsetzen der Thätigkeit der Notauslässe an dem

Digitized by Google

kalten Regentage an und für sich niedriger war als an dem trockenen wärmeren Tage, ist der Unterschied zwischen den beiden Tagen kein exorbitanter, wenigstens kein solcher, dafs er uns sogleich auf eine verunreinigende Noxe hätte hinweisen müssen, denn Schwankungen, wie sie hier vorkommen, lassen sich auch an notorisch trockenen Tagen im Laufe der Spree nachweisen (vgl. Untersuchung I—III bei Dirksen und Spitta a. a. O. S. 125 ff.).

Auch die einzelnen ungewöhnlich erhöhten Zahlen für die Sauerstoffzehrung (Lauf Nr. 11 und 13) brauchten diesen Verdacht noch nicht zu erregen, da sie vereinzelt stehen, kurzum, der Vergleich der beiden Tage lehrt, dafs der Einflufs der Notauslässe auf die Spree bemerkbar ist, sowie man speziell darauf achtet, resp. wenn man weifs, dafs die Auslässe in Thätigkeit sind, es ist aber kein notwendig in die Augen fallender.

Wie grofs die Menge von Sielwasser war, die sich an dem Untersuchungstage in die Spree ergofs, ist natürlich nicht anzugeben. Ich kann nur anführen, dafs der Hauptnotauslafs von Pumpstation V ca. fünf Stunden lang geöffnet war.

Sehen wir uns nun die Verhältnisse in den Kanälen an.

Da wurden zunächst die Verhältnisse im Spandauer Schiffahrtskanal gelegentlich der eben besprochenen Tour I A und B geprüft (Lauf Nr. 9 und 10, sowie 19 und 20). Die Keimzahlen an dem trockenen Tage waren relativ mäfsige, 36750 an der Seestrafse und 16000 im Nordhafen, desgleichen die Sauerstoffzehrung mit 0,052 resp. 0,009 ccm pro Stunde und Liter, an dem Regentage dagegen (Tour I B) schnellten beide mächtig in die Höhe. Die Keimzahl betrug für beide Stellen ca. 200000, die Sauerstoffzehrung 0,254 resp. 0,215 ccm pro Stunde und Liter, also das 10—20fache der Werte an dem trockenen Tage.

Die Verhältnisse in den übrigen Kanälen wurden (wenigstens streckenweise) bei Tour II A und B untersucht und zwar der Luisenstädtische Kanal (Lauf Nr. 22, sowie 29 und 30) und der Landwehrkanal (Lauf Nr. 23—25, sowie 31—33).

Digitized by Google

Am trockenen Tage (Tour II A) war der Keimgehalt im Luisenstädtischen Kanal (Wasserthorbecken) so ungewöhnlich niedrig (650 Keime pro ccm) und so wenig mit der Sauerstoffzehrung übereinstimmend, dafs ein Versehen beim Anlegen resp. Zählen der Platten anzunehmen ist; Bakterienzahlen im Landwehrkanal (Tour II A Nr. 23—25) waren ziemlich gleichmäfsig und niedrig (ca. 17000 pro ccm im Mittel).

Am Regentage, an welchem der Notauslafs der Pumpstation V im ganzen neun Stunden lief (während der Fahrt), war die Keimzahl im Wasserthorbecken erhöht, jedoch nicht auffallend, die Sauerstoffzehrung nur unbedeutend. Auch äufserlich machte sich hier der Einflufs der Notauslässe gar nicht oder wenig geltend, erst vom Wasserthorbecken an, vor allem im Verlauf des Landwehrkanals sah man die Wirkung derselben: gröfsere Mengen flottierender Fäkalien etc.

Dementsprechend ist auch der Befund: Die Bakterienzahl steigt auf rund 70000 (Waterloobrücke), dann auf 104000 (Schönebergerbrücke) und erreichte an der Tiergartenschleuse die respektable Höhe von 426000. Ebenso stieg die Sauerstoffzehrung von 0,023 (Wasserthorbecken) auf 0,119 (Waterloobrücke) und 0,157 (Schönebergerbrücke). An der Tiergartenschleuse liefs sie sich nicht feststellen, da der 0 Punkt bei der Untersuchung nach 24 Stunden schon überschritten war. Die Reaktionen auf Ammoniak fielen fast überall sehr stark aus.

Kurz zuvor und darauf am gleichen Tage wurden auch in der Spree Bakterienzählungen und Sauerstoffbestimmungen vorgenommen.

Dieselben lieferten an der Schillingsbrücke, ca. 50 m unterhalb des Hauptnotauslasses der Pumpstation V, sehr hohe Zahlen (201600 Keime pro ccm und eine Sauerstoffzehrung von 0,209 ccm pro l und Stunde[1]); wenig hohe, aber immer noch beträchtliche Werte wurden an der Moltkebrücke und Weidendammerbrücke gefunden (i. M. 53000 Keime und

1) Die entsprechenden Zahlen bei trockenem Wetter (Tour II A Nr. 21) betrugen 17000 Keime und 0,077 ccm Sauerstoffzehrung.

Digitized by Google

0,143 O-Zehrung), geringe Zahlen dagegen an der Gotzkowskybrücke (Nr. 26 und 34).

Zweifellos also machte sich an diesem Tage die Wirkung der Notauslässe in stärkerem Mafse auf die Spree geltend als bei Tour I B, wenn auch nicht durchgehends, sehr stark, besonders grobsinnlich wahrnehmbar war die Wirkung in dem Landwehrkanal, dessen Wasser stellenweise in abstofsendem Grade verschmutzt war.

Ich habe mich auf diese vier Untersuchungsreihen (Tour I A und B, Tour II A und B) beschränkt. Es kam mir nur darauf an, festzustellen, welchen Ausschlag die bakteriologische Keimzählung und die Sauerstoffzehrung geben in Fällen, wo notorisch die Notauslässe speien.

Die gefundenen Zahlen weisen auch hier wieder, wie ich schon in meiner früheren Arbeit betonte, auf eine vorwiegend lokale Verschmutzung hin, die sich augenscheinlich nicht sehr weit erstreckt. Bei den zahlreichen Notauslässen wird ja meist eine Verschmutzung von der folgenden abgelöst. Aber da die Notauslässe nicht alle zu gleicher Zeit zu laufen pflegen, so kommen auch wieder reinere Stellen mit niedrigeren Zahlen zwischendurch vor (vgl. Tour II B Nr. 29 und 34).

Jedenfalls verwischt sich bei nicht zu starken Regenfällen der Einflufs der Notauslässe vielfach mehr oder weniger, namentlich in der Spree, weniger im Landwehrkanal, und so erklärt es sich, dafs man ihn übersieht, wenn man seine Aufmerksamkeit nicht speciell auf ihn richtet.

Bei den Untersuchungen von Dirksen und mir[1]) hatten wir nur einen Untersuchungstag, an welchem die Notauslässe nachweislich längere Zeit offen waren (vierte Untersuchung am 25. August 1896). An diesem Tage liefs sich ein deutlicher Einflufs auf den Keimgehalt des Wassers nicht erkennen[2]). Unter meinen Untersuchungen aus dem Jahre 1898—99[3]) sind

1) a. a. O., S. 127.
2) a. a. O., S. 108.
3) a. a. O., S. 280 ff.

Digitized by Google

zwei (III. Fahrt am 13. Oktober 1898 und X. Fahrt am 13. Juni 1899), bei welchen die Notauslässe spieen[1]). Auch hier war im ersten Fall nur an zwei Stellen (Oberbaum- und Schillingsbrücke) eine besonders hohe Keimzahl bemerkbar, im zweiten Fall war eigentlich überhaupt kein Einflufs zu spüren.

Bei vier anderen Exkursionen (Fahrt IV, VI, VII, XII) war Tags zuvor Regen gefallen, der ein Speien der Notauslässe hervorrief[2]). Infolgedessen (?) fanden sich durchwegs stark erhöhte Zahlen bei Fahrt VI, stellenweise erhöhte bei Fahrt IV und XII, gar nicht erhöhte bei Fahrt VII.

Wie man sieht, herrscht hier also eine grofse Inkonstanz, und man dürfte kaum berechtigt sein, zu sagen, dafs die Thätigkeit der Notauslässe stets in Berlin in besonders krasser Weise die Wasserläufe, im speciellen den Hauptstrom, die Spree mit Keimen überschwemmt.

Dafs die übliche chemische Wasseruntersuchung nicht imstande ist, feinere Differenzen in der Flufsverunreinigung aufzudecken, ist bekannt.

Aus diesen Gründen habe ich auch bei den vorliegenden Untersuchungen auf sie verzichtet.

Aufser der chemischen Bestimmung der Sauerstoffzehrung scheint mir noch die von Rubner (s. dieses Heft S. 31) angegebene Eisenfällungs-Methode für Flufswasseruntersuchungen verwendbar zu sein.

Ich habe gelegentlich nach dieser Methode einige Flufswasserproben untersucht und stelle sie in folgender Tabelle X (s. S. 94) zusammen.

Um vergleichen zu können, habe ich jedesmal den Sauerstoffgehalt des Wassers von 24 resp. 52 Stunden nach der Entnahme hinzugefügt.

Wenn sich nun auch, wie wir gesehen haben, die Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe Berlins durch die Notauslässe stellenweise und zeitweise in den bakteriologischen

1) Am 13. Oktober von 10^{30}—12^{45} und 3^{45}—5^{45}, am 13. Juni von 5^{30} bis 7^{00}.

2) Fahrt IV 3^{25}—5^{50}, Fahrt VI 10^{40}—2^{45}, Fahrt VII 9^{00}—1^{00}, Fahrt XII 10^{30}—1^{45}.

Digitized by Google

Tabelle X.

Tag der Entnahme:	9. Oktober 1901 Regen				26. Oktober 1901 trocken				26. Juli 1902 trocken			
Entnahmestelle	Sauerstoffgehalt nach 24 St.	Eisenfällung aus 10 l Wasser: Menge g	Darin mg N	Darin Kal.	Sauerstoffgehalt nach 24 St.	Eisenfällung aus 10 l Wasser: Menge g	Darin mg N	Darin Kal.	Sauerstoffgehalt nach 52 St.	Eisenfällung aus 10 l Wasser: Menge g	Darin mg N	Darin Kal.
Grünau	—	—	—	—	—	—	—	—	4,92	1,196	6,1	768
Eierhäuschen (Oberspree)	—	—	—	—	—	—	—	—	3,68	1,177	5,0	876
Oberbaumbrücke	—	—	—	—	—	—	—	—	2,69	1,344	5,5	891
Schillingsbrücke	0,10	3,412	31,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Weidendammerbrücke	2,10	3,070	11,2	—	—	—	—	—	1,87	1,247	6,4	702
Am Proviantamt	—	—	—	—	3,68	1,357	9,3	839	3,27	1,311	5,9	721
Hinter der Charlottenburger Schleuse	—	—	—	—	3,97	1,361	8,8	808	1,75	1,259	6,4	703
Vor Spandau	—	—	—	—	4,44	1,367	8,3	804	2,99	1,329	5,4	734
Obere Havel	—	—	—	—	6,36	1,222	5,7	543	5,27	1,215	5,2	921
Nordhafen (Spandauer Schiffahrtskanal)	—	—	—	—	4,31	1,382	7,4	934	—	—	—	—
Landwehrkanal: Schöneberger Brücke resp. Ufer	0,12	3,848	34,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Landwehrkanal: Tiergarten-Schleuse	0,00	4,064	36,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Digitized by Google

Zahlen ausdrücken kann, und auch maskroskopisch gelegentlich erkennbar wird[1]), so ist es für die hygienische Beurteilung der ganzen Frage von noch gröfserem Wert zu wissen, ob die gesetzte Verunreinigung eine schnell vorübergehende ist, oder ob sie sich lange bemerkbar macht.

Zu diesem Zwecke habe ich einige Male bei stärkeren Regenfällen, welche zum Speien der Notauslässe führten, an einer bestimmten Stelle Proben entnommen während der Thätigkeit der Auslässe, und an der gleichen Stelle einige Stunden später wenn die Notauslässe nicht mehr liefen. Eine exakte Kontrolle über diesen letzteren Punkt war natürlich auch nicht möglich, vielmehr konnte ich mich nur an die Angaben der Pumpstation halten, welche mir das Öffnen und Schliefsen ihres Hauptnotauslasses telephonisch anzeigte. Für die Spree wählte ich als Entnahmestelle die Brücke über den Mühlendamm. Etwa $1^1/_2$ km oberhalb derselben liegt (vergl. den Plan) der Notauslafs der Pumpstation des Radialbezirkes V, welcher sehr früh in Thätigkeit zu treten pflegt.

Dazwischen liegen nur noch 2—3 Auslässe, welche in Frage kommen (an der kl. Stralauerstrafse, an der Inselstrafse und an der Michaelbrücke).

Am 2. Mai 1902 fiel in der ersten Hälfte des Tages ein ziemlich starker Regen. Der Regenmesser von Pumpstation V zeigte für diesen Tag 10 mm Regenhöhe an[2]). Der Notauslafs der Pumpstation lief im ganzen 3 Stunden und 10 Min., nachdem er die vorangehenden 10 Tage nicht in Thätigkeit getreten war.

Ca. 2 Stunden nach Öffnung wurde am Mühlendamme die erste Probe entnommen, ca. 2 Stunden nach Schliefsung die

1) Ich reche hierhin nur das Auftreten von Fäkalmassen, Papier und anderen Schwimmstoffen, nicht aber die häufig zu beobachtende blofse stärkere Trübung des Wassers, welche auch bei anderen Flüssen nach erheblichen atmosphärischen Niederschlägen sich einzustellen pflegt.

2) Die angegebenen Regenmengen sind sämtlich auf Pumpstation V erhalten, wo jedesmal nachts 12 Uhr für den vergangenen Tag abgelesen wird.

Digitized by Google

zweite und 15 Stunden nach Schliefsung die dritte. Die Wassertemperatur betrug 11 °.

Tabelle XI.

Probe Nr.	Sättigungswert bei 11°	Sauerstoffgehalt bei d. Entnahme	Sättigungsdefizit	Sauerstoffgehalt nach 19 Stunden	Sauerstoffzehrung in 19 Stunden	Sauerstoffzehrung in 1 Stunde	Keimgehalt pro ccm
I	7,69	5,54	2,15	0,16	5,38	0,283	130 340
II	7,69	6,12	1,57	3,36	2,76	0,145	124 500
III	7,69	6,05	1,64	5,40	0,65	0,034	79 340

Die Verunreinigung war, wie aus der anfänglichen hohen Keimzahl und der starken Sauerstoffzehrung zu ersehen war, eine recht beträchtliche.

Trotzdem war nach wenigen Stunden (Probe II) die Sauerstoffzehrung schon auf die Hälfte heruntergegangen und am Morgen des nächsten Tages die übliche Gröfse der Sauerstoffzehrung (Probe III) wieder erreicht. Auch die Keimzahlen sanken ab, aber interessanterweise viel langsamer als die Sauerstoffzehrung, was darauf schliefsen läfst, dafs eine ziemlich schnelle Energieabnahme der Keime im Wasser erfolgt, oder eine schnelle Abnahme des Nährstoffgehaltes.

Es wird also die gesetzte Verunreinigung in etwa 24 Stunden aus der Stadt hinausgeschwemmt und die sedimentierten Teilchen vermögen augenscheinlich eine erhebliche Verzögerung dieser Selbstreinigung nicht zu veranlassen.

Indes geht letztere natürlich unter Umständen noch langsam voran. So fand ich an derselben Stelle 11 Tage später (13. Mai), eine Zwischenzeit, in der die Notauslässe nicht gelaufen hatten, folgende Werte:

Tabelle XII.

Sättigungswert bei 11°	Sauerstoff bei der Entnahme	Sättigungsdefizit	Sauerstoff nach 19 Stunden	Sauerstoffzehrung in 19 Stunden	Sauerstoffzehrung in 1 Stunde	Keimzahl
7,69	6,09	1,60	5,88	0,21	0,016	5635

Digitized by Google

Am 22. Mai 1902 wurde eine ähnliche Untersuchung am Mühlendamm angestellt, welche durch quantitative Ammoniakbestimmungen ergänzt wurde.

An diesem Tage fiel ein Regen von 7,4 mm mit Unterbrechungen. Notauslafs von Pumpstation V war 4 Stunden und 5 Minuten geöffnet.

Die erste Probe wurde 1/4 Stunde nach Schlufs des Hauptauslasses, die zweite am nächsten Morgen (16 Stunden nach Schlufs des Auslasses), die dritte am gleichen Tage nachmittags (21 Stunden nach Schlufs des Notauslasses) entnommen.

Während das Wetter bis dahin trocken geblieben war, setzte gegen Abend und nachts wieder etwas Regen ein, der indes das Öffnen des Notauslasses nicht nötig machte. Trotzdem wurde am nächsten Morgen noch eine vierte Probe am Mühlendamm entnommen (Probe IV).

Die Befunde ergibt die folgende Tabelle. Die Wassertemperatur betrug 12°.

Tabelle XIII.

Probe Nr.	Sättigungswert bei 12° resp. 23°	O-Gehalt bei der Entnahme	Sättigungsdefizit	Sauerstoff nach 19 Stunden bei 16°	Sauerstoffzehrung in 19 St.	Sauerstoffzehrung in 1 St.	Ammoniak im Liter mg	Keime pro ccm
I	7,52	5,81	1,71	2,69	3,12	0,163	0,5	55 400
II	7,52	6,17	1,35	5,60	0,57	0,030	0,9	69 600
III	5,52	5,97	1,55	5,39	0,58	0,031	0,8	64 700
IV	7,52	5,78	1,74	4,84	0,94	0,049	0,9	71 900
V	5,999	4,43	1,57	3,31	1,12	0,059	1,1	21 150

Zum Vergleich wurde an derselben Stelle am 5. Juni nochmals eine Probe genommen, da in der Zwischenzeit keine nennenswerten atmosphärischen Niederschläge eingetreten waren. Die Resultate dieser Untersuchung finden sich unter Probe V in der Tabelle. Die Wassertemperatur betrug am 5. Juni 23°.

Diese Zahlen ergeben, was die ersten drei Proben betrifft, wieder ein ähnliches Resultat wie die Untersuchung vom 2. Mai: Schnelles Absinken der Sauerstoffzehrung nach

Digitized by Google

Aussetzen der Noxe, kein bedeutender Einflufs auf die Bakterienzahl.

Die geringen Niederschläge, die zwischen Probeentnahme III und IV gefallen waren, machen sich trotzdem deutlich bemerkbar nach beiden Richtungen hin.

Probe V zeigt wieder, wie bei steigender Wassertemperatur, trotz Ausschlufs gröfserer Verunreinigungen, die Gröfse der Oxydation zunimmt.

Schliefslich möge darauf hingewiesen sein, dafs von den rein chemischen üblichen Untersuchungsmethoden selbst die quantitative Ammoniakbestimmung kein verständliches Bild von der stattgehabten Verunreinigung liefert.

Endlich wurde eine dritte Untersuchungsreihe angestellt am 17. Juni 1902.

Für diesen Tag gab der Regenmesser 12 mm Regen an. Der Notauslafs der Pumpstation V war 9 Stunden und 40 Min. geöffnet.

Die erste Probe wurde genommen ca. 5 Stunden nach Öffnen des Auslasses, die zweite 2 Stunden nach Schlufs des Auslasses. Am Abend desselben Tages wurde der Auslafs von Pumpstation V wieder infolge von Regen 2 Stunden lang geöffnet (von 10 bis 12 Uhr).

Die dritte Probe wurde am nächsten Morgen um 9 Uhr früh, also 9 Stunden nach dem zweiten Schlufs entnommen, die vierte am gleichen Tage nachmittags um 5 Uhr 30 Min., also $17^1/_2$ Stunden nach dem zweiten Schlufs.

Die Wassertemperaturen schwankten zwischen 17 und 18°,

Die Tabelle enthält die Befunde:

Tabelle XIV.

Probe Nr.	Sättigungswert für 17°	Sauerstoffgehalt bei Entnahme	Sättigungsdefizit	Sauerstoff nach 19 Stunden bei 15°	Sauerstoffzehrung in 19 St.	Sauerstoffzehrung in 1 St.	Ammoniak im Liter mg	Keime pro ccm
I	6,75	4,53	2,22	1,05	3,48	0,183	1,5	46 560
II	6,75	4,40	2,35	1,67	2,73	0,144	1,2	40 800
III	6,75	4,58	2,17	4,19	0,39	0,021	1,4	43 800
IV	6,75	4,70	2,05	4,22	0,48	0,025	0,75	86 700

Digitized by Google

Zu den Zahlen ist nichts Neues zu bemerken, höchstens ist darauf hinzuweisen, dafs das zweistündige Öffnen des Auslasses zwischen 10 und 12 Uhr abends, am nächsten Morgen nicht mehr nachweisbar war.

Überblickt man vergleichend die drei Untersuchungsreihen, so mufs noch auf einen Punkt hingewiesen werden. Erfahrungsgemäfs ist, wenn ein Notauslafs in Funktion tritt, das erste Ausflufswasser das schmutzigste (Fäkalien etc. enthaltend), zumal wenn das Öffnen des Auslasses in den ersten Tagesstunden erfolgt[1]).

Um von der Pumpstation V bis zum Mühlendamm zu kommen, braucht das Spreewasser etwa $1^1/_2$—2 Stunden. Bei der Untersuchung I erhielt ich demnach am Mühlendamme diese erste Abwasserportion dem Flufswasser beigemengt, und daher auch die hohen Zahlen (130000 Keime, 0,283 ccm Sauerstoffzehrung), bei den beiden anderen Untersuchungen waren diese ersten Abwasserportionen schon weiter flufsabwärts geschwemmt und das weniger schmutzige, hochgradig verdünnte Sielwasser brachte auch dem Flufswasser eine entsprechend geringere Menge von Keimen und organischem Material zu (55000 Keime und 0,163 Sauerstoffzehrung beim zweiten Versuch, und 46000 Keime und 0,183 Sauerstoffzehrung beim dritten Versuch).

Weniger günstige Gelegenheit bot sich mir, als es sich darum handelte, die entsprechenden Verhältnisse in den Kanälen zu prüfen.

Ebenso wie Pumpstation V, war die Pumpstation III angewiesen worden, das Öffnen und den Schlufs ihres Haupt-

1) Auffallend ist, dafs nur anfänglich beim Speien der Notauslässe reichlichere Fäkalmengen mitgeschwemmt werden. Wie die Untersuchungen Monti's zeigen, sinkt bei anhaltendem Regen die Menge der suspendierten Teilchen im Sielwasser aufserordentlich. Es liegt daher die Vermutung nahe, dafs ein Teil auch älterer Kotmassen sich im Sielnetze ablagert und sodann bei der durch den Regenfall gesteigerten Strömungsgeschwindigkeit mitgerissen und durch die Notauslässe ausgeworfen wird. Ist diese Annahme richtig, so liefse sich von diesem Punkte aus der Kalamität der Notauslässe vielleicht etwas steuern.

Digitized by Google

notauslasses, welcher bei der Schönebergerbrücke in den Landwehrkanal mündet, mir telephonisch mitzuteilen. Die Wahl war auf diese Pumpstation gefallen, einmal weil sie verhältnismäfsig bequem zu erreichen war, dann weil sie mitten in der Stadt lag, oberhalb des Hafens am sogen. Hafenplatz, eine Stelle, welche schon bei früheren Untersuchungen vielfach als Ort der Entnahme für Wasserproben aus dem Landwehrkanal gedient hatte. Es zeigte sich aber bald, dafs der Notauslafs von Pumpstation III an der Schönebergerbrücke verhältnismäfsig selten in Betrieb gesetzt wird, eine Thatsache, die, wie mir erst nachträglich bekannt wurde, auf besonderen Verhältnissen im Radialbezirk III beruht.

Infolgedessen war der Notauslafs von Pumpstation III von den drei Tagen, an denen die oben angeführten Spreewasseruntersuchungen vorgenommen wurden (2. Mai, 22. Mai, 17. Juni) nur einmal, nämlich am 2. Mai und nur $^3/_4$ Stunden lang geöffnet.

Da an diesem Tage eine Probeentnahme an dieser Stelle aus äufseren Gründen nicht möglich war, so entnahm ich eine Probe am 22. Mai, wo bei einem Regenfall von 7,4 mm anzunehmen war, dafs ein Teil der oberhalb der Schönebergerbrücke liegenden Auslässe eine wenn auch geringe Thätigkeit entwickelte (Probe I.). Zum Vergleich wurde dann am 5. Juni an derselben Stelle eine Untersuchung vorgenommen, d. h. nach einer Reihe sehr trockener Tage (Probe II). Die Wassertemperatur betrug bei der ersten Untersuchung 12°, bei der zweiten 23°.

Die Befunde waren folgende:

Tabelle XV.

Probe Nr.	Sättigungswert bei 12° resp. 23°	Sauerstoff bei der Entnahme	Sauerstoffdefizit	Sauerstoff nach 19 Stunden bei 15°	Sauerstoffzehrung in 19 St.	Sauerstoffzehrung in 1 St.	Ammoniak im Liter mg	Keime pro ccm
I	7,52	5,19	2,33	4,39	0,80	0,042	1,0	6 700
II	5,999	3,08	2,92	1,69	1,39	0,073	0,45	17 500

Digitized by Google

Diesen Resultaten nach zu urteilen, hat bei Probe I (22. Mai) keine irgendwie erhebliche Verunreinigung des Landwehrkanals stattgefunden. Die zweite Untersuchung am 5. Juni zeigt wieder, dafs auch bei trockenem Wetter, zumal bei höherer Wassertemperatur im Landwehrkanal sich starke Oxydationsprozesse abspielen, d. h. eine beträchtliche Menge organischen Materials dem Wasser zugeführt und dort zersetzt wird, ein Umstand, für den ich auch heute noch den starken Schiffsverkehr in hohem Grade verantwortlich machen möchte, der sich ja gerade hier zusammendrängt.

Da die Untersuchungen abgeschlossen werden sollten, und trotz längeren Zuwartens sich mir keine Gelegenheit bot, an einem Regentage ein Speien des Notauslasses von Pumpstation III zu beobachten, entnahm ich am 11. Juli im westlichen Teil des Landwehrkanals dicht unterhalb der Corneliusbrücke (linke Stromseite) eine Probe.

An diesem Tage betrug die Regenhöhe 9,6 mm. Notauslafs V (Spree) lief $8^1/_2$ Stunden, vom Notauslafs III wurde ein Ingangsetzen nicht gemeldet. Jedenfalls war aber eine gröfsere Menge anderer Auslässe im Landwehrkanal in Thätigkeit, wie das Aussehen des Wassers (Fäkalteilchen etc.) bewies. Aufser dieser Probe (I) wurde an der gleichen Stelle nach 24 Stunden eine zweite geschöpft, d. h. nachdem seit ca. 20 Stunden die Auslässe nicht mehr funktionierten.

Die Wassertemperaturen betrugen im ersten Fall 19°, im zweiten 18°.

Eine weitere Probe wurde am 21. Juli an der Corneliusbrücke entnommen, nachdem die meisten Auslässe etwa zwei Stunden thätig gewesen waren (Probe III). Die Wassertemperatur war die gleiche.

Tabelle XVI.

Probe Nr.	Sättigungswert bei 19° resp. 18°	Sauerstoff bei der Entnahme	Sauerstoffdefizit	Sauerstoff nach 19 Stunden bei 16°	Sauerstoffzehrung in 19 Stunden	Sauerstoffzehrung in 1 Stunde	Keime pro ccm
I	6,48	3,01	3,47	1,77	1,24	0,065	55 418
II	6,61	2,80	3,81	—	—	—	81 510
III	6,61	3,10	3,51	2,51	0,59	0,031	70 850

Digitized by Google

Probe I ergibt deutliche Zeichen der Verunreinigung, wenn auch nicht in besonders hohem Mafse; Probe II liefert ein auffallendes Resultat. Trotzdem an diesem Untersuchungstage so gut wie kein Regen fiel (0,1 mm), ist die Keimzahl noch bedeutend in die Höhe gegangen, auch das Sauerstoffdefizit hat sich vergröfsert. Die zweite Sauerstoffprobe verunglückte leider, so dafs über die Sauerstoffzehrung keine Angaben gemacht werden können. Probe III zeigt einen ziemlich hohen Keimgehalt und eine mäfsig hohe Sauerstoffzehrung. Bei allen drei Proben beträgt das Sauerstoffdefizit über 50 %.

Nimmt man alle diese Befunde zusammen, so ergibt sich aus ihnen augenscheinlich, dafs für gewöhnlich die durch das Einströmen von Sielwasser gesetzten Verunreinigungen sehr schnell wieder verschwinden. Dies gilt, wie schon erwähnt, hauptsächlich von der Sauerstoffzehrung, weniger vom Bakteriengehalt, dies gilt ferner besonders von der Spree, anscheinend weniger vom Landwehrkanal.

Es wäre nun für die Beurteilung der Sachlage sehr wichtig, hätte man eine ungefähre Vorstellung von der Menge des einfliefsenden Kanalwassers, d. h. also von der Verdünnung desselben durch den Strom.

Es ist nun schon öfter hervorgehoben worden, dafs sich diese Mengen direkt nicht feststellen lassen, da ja die Thätigkeit der meisten Notauslässe zeitlich und ebenso in Bezug auf die Quantität des Abwassers, das sie liefern, unkontrollierbar ist. Es kommt ferner hinzu, dafs, wie schon oben erwähnt, die Qualität des Abwassers eine verschiedene ist. Sie schwankt einmal in den einzelnen Tagesperioden an sich, sie verändert sich ferner je nach der Dauer und Mächtigkeit des Regenfalles durch die verschiedene Verdünnung. Auf dem Wege unmittelbarer Messung und Beobachtung etwas zu erfahren, ist also völlig aussichtslos. Ein Weg, der denkbar erscheint, wäre der, die durch die Notauslässe strömende Abwassermenge zu berechnen aus der Differenz zwischen Niederschlagsmenge plus den an regenlosen Tagen üblichen Wassermengen (diese Mengen

Digitized by Google

sind für die einzelnen Wochentage und Tagesstunden ziemlich konstant und bekannt), und dem durch die Pumpen der Stationen wirklich geförderten Quantum. Aber auch diese Berechnung müfste höchst fragwürdig sein, da wir in der räumlichen Ausdehnung des Niederschlagsgebiets, der Gröfse der Versickerung und der Verdunstung drei unbekannte Faktoren vor uns haben.

Mir scheint dagegen folgende einfache Methode eine Schätzung der Verdünnung von Kanalwasser mit Flufswasser zu ermöglichen. Wenn mir bekannt ist:

1. die Sauerstoffzehrung, welche reines Leitungswasser bei einer bestimmten Temperatur (z. B. 22 ^{0}) in 24 Stunden erleidet,
2. die Sauerstoffzehrung unter sonst gleichen Bedingungen von bestimmten Kanalwasser-Leitungswassermischungen,
3. die Sauerstoffzehrung des Flufswassers in trockenen Perioden unter den gleichen Bedingungen,
4. die Sauerstoffzehrung des mit Kanalinhalt verunreinigten Flufswassers unter den gleichen Bedingungen,

so mufs sich daraus ungefähr das Verdünnungsverhältnis in einem der sub 4 genannten Fälle ersehen lassen.

Zu diesem Behufe studierte ich zunächst, wie sich Leitungswasser und einige Kanalwasserleitungswasserverdünnungen verhielten, wenn man die Mischung in einer 40 cm hohen Wassersäule mit einem luftberührenden Querschnitt von 254 qcm (vgl. S. 75) bei einer konstanten Temperatur von 22^{0} unbewegt aufbewahrte. Der Sättigungswert für 22^{0} beträgt 6,11 ccm.

Tabelle XVII.

I. Probe. Reines Leitungswasser ohne Zusatz:

Sauerstoffgehalt anfangs . . .	5,46	ccm
nach 24 Stunden	5,66	»
» 48 »	5,85	»
» 70 »	5,94	»

Digitized by Google

Dies Wasser weist demnach gar keine Zehrung auf. Es hat vielmehr die Tendenz, sich gleichmäfsig allmählich mit Sauerstoff zu sättigen.

Tabelle XVIII.

II. Probe. Kanalwaser[1]) 1:100, mit Leitungswasser verdünnt:

Sauerstoff anfangs		5,15	ccm
nach 24 Stunden		2,46	»
» 48	»	3,05	»
» 72	»	4,22	»

Tabelle XIX.

III. Probe. Kanalwasser 1:50, mit Leitungswasser verdünnt:

Sauerstoff anfangs		5,37	ccm
nach 24 Stunden		0,10	»
» 48	»	0,75	»
» 72	»	1,40	»
» 120	»	2.60	»

Tabelle XX.

IV. Probe. Kanalwasser 1:25 mit Leitungswasser verdünnt:

Sauerstoff anfangs		5,22	ccm
nach 24 Stunden		0,03	»
» 48	»	0,24	»
» 72	»	0,23	»
» 120	»	0,16	»

Während also Verdünnungen von Kanal- und Leitungswasser (bei ruhiger Stagnation und 22°) von 1:100 und 1:50 nach 24 Stunden bereits ihren tiefsten Stand im Sauerstoffgehalt erreicht haben und von da an

---

1) Für diese Versuche wurde immer Kanalwasser aus der gleichen Tagesperiode (10—12 Uhr vormittags) verwendet.

Digitized by Google

wieder kontinuierlich ansteigen, ist dies bei der Verdünnung 1 : 25 nicht mehr der Fall. Dieselbe hält sich tagelang auf einem minimalen Sauerstoffgehalt[1]), ohne einen Wiederanstieg erkennen zu lassen.

Wie verhält sich im Vergleich dazu nun das Wasser aus der Spree und dem Landwehrkanal?

Tabelle XXI.

I. Spreewasser vom 26. Juni:

Wassertemperatur 17,3°. Keimzahl 42740 pro ccm. Seit 6 Tagen Notauslässe nicht geöffnet.

Sauerstoff anfangs	6,26	ccm
nach 24 Stunden	5,29	»
» 48 »	5,05	»
» 72 »	5,10	»
» 120 »	5,23	»

Tabelle XXII.

II. Wasser aus dem Landwehrkanal (Hafenplatz) nach einer Reihe von trockenen Tagen am 28. Juni entnommen. Wassertemperatur 20,5°. Keimzahl 77856 pro ccm.

Sauerstoff anfangs	5,61	ccm
nach 24 Stunden	4,96	»
» 94 »	3,17	»

Tabelle XXIII.

III. Spreewasser vom 17. Juni. Notauslässe in Thätigkeit. Wassertemperatur 17,5°, Keimgehalt 46560 pro ccm.

Sauerstoff anfangs	4,50	ccm
nach 24 Stunden	0,61	»
» 48 »	0,86	»
» 72 »	1,87	»
» 144 »	4,00	»

1) Praktisch kann man diese kleinen Sauerstoffmengen = 0 setzen, da dieselben bei den mit der Methode verbundenen Proceduren aufgenommen sein können.

Digitized by Google

Tabelle XXIV.

IV. Spreewasser vom 18. Juni. Notauslässe laufen seit $17^1/_2$ Stunden nicht mehr. Wassertemperatur 17,4°, Keimgehalt 86700 pro ccm.

Sauerstoff anfangs	4,94	ccm
nach 24 Stunden	4,63	»
» 48 »	4,62	»
» 120 »	5,19	»
» 144 »	5,22	»

Tabelle XXV.

V. Wasser aus dem Landwehrkanal (Corneliusbrücke) vom 11. Juli. Notauslässe in Thätigkeit. Wassertemperatur 18,6°, Keimgehalt 55418.

Sauerstoff anfangs	4,28	ccm
nach 24 Stunden	3,55	»
» 48 »	3,81	»
» 74 »	4,35	»
» 96 »	4,77	»
» 168 »	5,24	»

Tabelle XXVI.

VI. Wasser aus dem Landwehrkanal (Corneliusbrücke) vom 21. Juli. Notauslässe in Thätigkeit. Wassertemperatur 18,5°. Keimgehalt 70850.

Sauerstoff anfangs	3,39	ccm
nach 24 Stunden	3,91	»
» 48 »	4,35	»
» 96 »	4,91	»
» 144 »	5,15	»
» 264 »	5,63	»

Will man diese künstlichen Mischungen und die natürlichen Proben miteinander vergleichen, so stellen sich dabei gewisse Schwierigkeiten in den Weg, welche darauf beruhen, dafs man die Gröfse des durch Diffusion in den

Digitized by Google

einzelnen Versuchsperioden aufgenommenen Sauerstoffes nicht kennt. Bekanntlich geht die Diffusion, d. h. der Austausch der gasigen Bestandteile der Luft und des Wassers, verschieden schnell vor sich, je nach der Gröfse des Sättigungsdefizits.

Die Quantitäten Gas, welche in gasfreies Wasser von der Oberfläche her einwandern, werden immer geringer im Laufe des Versuches, bis bei der Sättigung für die gegebene Temperatur Stillstand eintritt. Über die Schnelligkeit, mit welcher sich dieser Prozefs vollzieht, sind die Angaben nicht übereinstimmend. Während die Diffusion nach den einen (z. B. Hoppe-Seyler, Hüfner) sich äufserst langsam vollzieht, haben andere Beobachter ein sehr schnelles Anwachsen des Sauerstoffes in anfänglich gasfreiem Wasser beobachtet[1]).

Wieder andere[2]) legen überhaupt, soweit es sich um natürliche Wässer handelt, das Hauptgewicht bei der Sauerstoffanreicherung nicht auf die Diffusion, sondern auf die im Wasser sich abwickelnden biologischen Prozesse (Assimilation der chlorophyllhaltigen Organismen im Licht.

In meinen Versuchen waren die Versuchsgefäfse, wenn auch nicht bei Lichtabschlufs, so doch bei gedämpftem Tageslicht in der einen vom Fenster möglichst entfernten Ecke eines tiefen Zimmers aufgestellt, so dafs die Sauerstoffproduktion durch die Thätigkeit chlorophyllführender Organismen mindestens eine nur geringe gewesen sein kann und der Diffusion der Hauptanteil zufiel.

Es wird deswegen bei einem Wasser, in welchem durch eine geringe Sauerstoffzehrung das erzeugte Sauerstoffdefizit dauernd ein geringes bleibt (vgl. I., Spreewasser vom 26. Juni), der Umkehrpunkt in der Kurve später eintreten, als bei einem Wasser mit starker Sauerstoffzehrung und starkem Sauerstoffdefizit

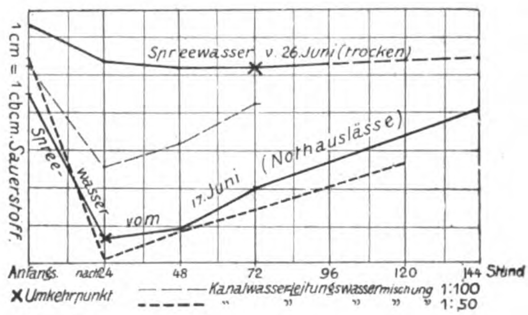
---

1) König, Beiträge zur Selbstreinigung der Flüsse. Zeitschr. f. Untersuch. d. Nahrungs- u. Genufsmittel 1900, S. 391.

2) N. Zuntz, Über den Kreislauf der Gase im Wasser. Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abteil. 1900. Supplem. 311. Ref.: Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genufsmittel, 1901, S. 843.

Digitized by Google

(vgl. III., Spreewasser vom 17. Juni), wo die mächtiger wirkende Diffusionskraft das gezehrte Quantum schneller überkompensiert (vgl. das kleine untenstehende Diagramm). Immerhin wird man aus den Zahlen so viel entnehmen dürfen, dafs in trockenen Zeiten das Spreewasser einer Kanalwasserverdünnung entspricht, welche über 1 : 100 liegt. Treten die Notauslässe in Thätigkeit, so resultiert (wenigstens an der gewählten Entnahmestelle) vorübergehend ein Flufswasser,



das etwa einer Kanalwasserleitungswassermischung von 1 : 50 entspricht.

Beim Landwehrkanal liegen die Verhältnisse wahrscheinlich ungünstiger, doch gibt mein Material darüber leider keinen irgendwie zuverlässigen Aufschlufs. Indes wird das Verhältnis 1 : 25 vermutlich nicht erreicht. Die an der Corneliusbrücke bei Regenwetter entnommene erste Probe (Tabelle XXV) zeigte überhaupt eine auffällig geringe Sauerstoffzehrung, die zweite Tabelle XXVI) überhaupt keine im offenen Gefäfs. Der Grund dafür liegt beidemal in dem von vornherein sehr grofsen Sauerstoffdefizit, welches die Diffusion sehr stark anregt, so dafs sie überkompensiert.

Wenn nun diese Berechnungen, die weiter keinen Anspruch erheben, als eine ungefähre Vorstellung der Verdünnungsverhältnisse zu geben, richtig sind, so fragt es sich, ob durch die zeitweise Thätigkeit der Notauslässe ein Zustand geschaffen ist, der für die Stadt Berlin zu sanitären

Bedenken Veranlassung gibt. Da heifst es zunächst einmal überlegen, ob zu befürchten steht, dafs dieser Zustand sich mit der Zeit noch verschlimmern wird.

Von Schümann ist hauptsächlich geltend gemacht worden, dafs die Zunahme des wasserdichten Pflasters nach dieser Richtung hin verhängnisvoll werden kann, resp. geworden ist, da bei demselben die Meteorwässer vor Versickerung fast gänzlich bewahrt und somit zum gröfsten Teil dem Kanalnetz zugeführt werden. Das ist zweifellos richtig. Nach seinen Angaben betrug 1899 das wasserdichte Pflaster in Berlin bereits rund 83 % der gesamten Dammfläche.

In der Zwischenzeit hat diese Art der Strafsenbefestigung natürlich noch weitere Fortschritte gemacht, so dafs wir in dieser Beziehung wohl schon so ziemlich an der maximal erreichbaren Grenze stehen.

Nun hat aber gerade das glatte wasserundurchlässige Pflaster auch wieder gegebenenfalls für die Reinhaltung des Flufslaufes seine Vorzüge. Das Wasser der Notauslässe ist nicht nur in seiner Qualität abhängig von den Hausabwässern, sondern auch von dem Reinheitsgrade der Strafsen und Höfe. In dem Mafse, wie das glatte undurchlässige Pflaster die Reinlichkeit der Strafse hebt — und das thut es in hervorragender Weise, da die vielen kleinen Vertiefungen der Strafsenoberfläche damit fortfallen, in denen sich sonst der Schmutz ansammeln kann — in demselben Mafse mufs auch bei einem Regenfall die Menge der von den Strafsen etc. abgeschwemmten Schmutzstoffe geringer werden. Auch der allmählich sich immer mehr ausbreitende Automobilverkehr (elektrische Strafsenbahnen etc.) mufs durch das Entfernen einer grofsen Menge von Pferden aus dem Strafsengetriebe auf die Reinlichkeit der Strafsen günstig einwirken (Pferdemist).

Es scheint mir demnach, als ob von dieser Seite her die Verunreinigung der öffentlichen Gewässer von Berlin eine wesentliche Steigerung nicht zu erwarten hat.

Digitized by Google

Anders steht es schon mit dem weiteren Anschlufs neuer Stadtgebiete und dem Wachstum der Stadt überhaupt[1]).

Schon der Anschlufs und Ausbau des Radialbezirkes XI wird gelegentlich die den Flufsläufen zugehende Schmutzmenge erhöhen. In Bezug auf die Vororte sei auf das oben Gesagte verwiesen.

Eine gewisse Steigerung der augenblicklich vorhandenen Kalamität ist also wohl nicht ausgeschlossen, denn, dafs es sich hierbei um eine Kalamität handelt, bestreite ich nicht im geringsten. Man mufs sich nur darüber klar zu werden versuchen, ob diese Kalamität mehr auf ästhetischem oder mehr auf hygienischem Gebiete liegt.

Dafs der jetzige Zustand zu ästhetischen Bedenken Veranlassung gibt, ist klar.

Wenn man einmal unmittelbar nach Einsetzen eines starken Regengusses den ersten Strom gesehen hat, den die Notauslässe in den Flufs ausspeien, so wird man nach dieser Richtung hin mit seinem Urteil fertig sein. Die unter Umständen beträchtlich grofsen Mengen schwimmender Fäkalien, Papier etc. beleidigen das Auge eines jeden Passanten, ja man kann ruhig sagen: würde es gelingen, diese Stoffe vor ihrem Eintritt in den Flufslauf abzufangen oder auch nur so zu zerkleinern, dafs sie nicht grobsinnlich mehr wahrnehmbar wären, so würde vielleicht über den ganzen Notstand nicht so viel gesprochen und geschrieben werden. Jedenfalls wäre an dieser Stelle zunächst einmal eine Remedur sehr am Platze. Dieselbe ist aber wahrscheinlich nur sehr schwer herzustellen.

Nun die andere Seite.

Das Wasser der Spree, fürchten manche, wird in einen Zustand geraten, der für die Gesundheit der Bevölkerung nicht gleichgültig ist.

Die Gesundheitsschädigungen, die von einem solchen, zeitweise mit Fäkalien und Hausabwässern überschwemmten Wasser-

1) Vgl. Verwaltungsbericht des Magistrates zu Berlin für das Etatsjahr 1900, Nr. 41, S. 3.

Digitized by Google

lauf ausgehen können, sind einmal Infektionen, und anderseits Luftverschlechterungen durch stinkende Zersetzung des Wassers resp. des Flufsbodens.

Was die Infektionen anbelangt, so können wir solche nicht verhüten. Wer das Wasser der Spree zu Trinkzwecken benützt, kann sich eine Infektion, sagen wir einmal mit Typhus zuziehen, ob nun die Notauslässe den Flufs verunreinigen oder nicht, denn die Spree kommt schon in stark verunreinigtem Zustande vor den Thoren von Berlin an und speist ihre verschiedenen Arme mit demselben Wasser. Es ist auch meines Wissens niemand von den Anliegern darauf angewiesen, dieses Flufswasser zu Trinkzwecken zu benützen, und wenn das z. B. von der Schifferbevölkerung doch geschieht, so müfsten Mittel und Wege gefunden werden, diesem Mifsbrauch zu steuern.

Anders steht es mit den Badeanstalten in der Spree und in den Kanälen, die ich allerdings sowohl vom ästhetischen wie vom hygienischen Standpunkt aus zum gröfsten Teil für sehr bedenklich halte. Es werden zwar, wie mir mitgeteilt wurde, die städtischen Badeanstalten geschlossen, wenn die Auslässe in Thätigkeit treten, trotzdem aber sind Infektionen doch gerade hier (Schluckinfektionen) mit Leichtigkeit möglich, abgesehen davon, dafs es doch ein abstofsender Gedanke ist, in einem nur ca. 50—100fach verdünnten Kanalwasser zu baden.

Der zweite Umstand, der zu Gesundheitsstörungen und zu erheblichen Belästigungen führen könnte, wäre eine Verunreinigung der Luft durch Fäulnisgase aus dem Wasser oder aus dem Flufsboden.

Zu einer solchen Fäulnis kann es nur bei Mangel an Sauerstoff kommen.

Dieser Sauerstoffmangel tritt auf bei Überladung des Flufswassers mit fäulnisfähigem Material, und zwar kann dieses fäulnisfähige Material sowohl in gelösten wie in ungelösten Stoffen bestehen.

Digitized by Google

Wir haben oben gesehen, dafs die gelösten Stoffe das Hauptmaterial für die Zersetzungen im Flufswasser liefern, dafs schon die gelösten Stoffe von einem Teil Kanalwasser auf 25—50 Teile reinen Wassers unter ungünstigen Verhältnissen (Stagnation, Wärme) in kurzer Zeit den ganzen Sauerstoff eines Wassers verbrauchen können, so dafs sie im weiteren der anaëroben Zersetzung, d. h. der Fäulnis mit Bildung stinkender Gase anheimfallen müssen.

Wir konnten ferner aus den Versuchen den Schlufs ziehen, dafs das suspendierte Material, sobald es zu Boden gesunken ist, sich zwar auch am Sauerstoffverbrauch beteiligt, aber in viel schwächerem Mafse wie die gelösten Stoffe.

Auch diese sedimentierten Stoffe erscheinen mir unschädlich, so lange eine aërobe Zersetzung ihnen gewährleistet wird. Eine grofse Menge von ihnen, so namentlich alles was Cellulose ist, oder von Cellulose eingeschlossen ist, werden auf diese Weise wohl überhaupt nicht angegriffen werden, und unter aëroben Bedingungen als einfache indifferente Fremdkörper figurieren, bis sie gelegentlich durch anaërobe Gärung »aufgeschlossen« werden, und nun des weiteren — vielleicht auch aërob — weiter abgebaut werden können. Anderseits erscheint es auch nicht nötig, dafs an solchen Stellen absoluter Sauerstoffmangel herrscht, vielmehr wird häufig eine gewisse Sauerstoffarmut genügen, um der Thätigkeit der fakultativ anaëroben Bakterien das Übergewicht zu verleihen.

Man findet ja auch fast nie, wenn man unmittelbar nach der Entnahme prüft, ein sauerstoffreies Wasser.

Das mag manchmal an der Entnahme der Wasserproben liegen, bei denen sich Luftaufnahme nur dann vermeiden läfst, wenn eine gröfsere Quantität Wassers durch die Flasche hindurchgepumpt wird, ferner wird der Sauerstoffgehalt unmittelbar über dem Flufsboden häufig ein sehr geringer sein können, während er in höheren Schichten noch ziemlich erheblich sein kann[1]);

---

1) Meine Sauerstoffproben, welche in diesem Artikel angeführt sind, stammen wieder, wie früher, sämtlich aus 1 m unter Oberfläche.

Digitized by Google

charakteristisch für die betreffende Wasserprobe wird aber besonders immer ihr Verhalten sein, wenn man sie bei erhöhter Temperatur[1]) in hoher Schicht sich selbst überläfst und ihren Gaswechsel dabei studiert (vgl. oben).

Es liefse sich dieses Verhalten vielleicht zu einem Criterium für die zulässige Flufsverunreinigung verwenden: Füllt man die Wasserproben (wie ich das gethan habe) in hohe (z. B. 2 m lange), am unteren Ende geschlossene, am oberen Ende offene Glasröhren ein, färbt sie mit einigen Tropfen einer Methylenblaulösung deutlich blau, und überläfst sie dann bei Zimmertemperatur (oder besser bei 22°) sich selbst[2]), so tritt nach einiger Zeit Entfärbung ein, durch Bildung von Leukoverbindungen, wenn das Wasser soviel zersetzliches Material enthielt, dafs es seinen Sauerstoffgehalt durch Diffusion allein nicht decken konnte und daher an Sauerstoff verarmte.

Verdünnungen von Kanalwasser mit Leitungswasser 1 : 25 zeigen diese Erscheinung bei Zimmertemperatur in 2—3 Tagen. Die Entfärbung bleibt lange Zeit bestehen.

Die Höhe der Wasserschicht und die Gröfse der freien Oberfläche sind dabei natürlich von grofser Bedeutung.

Kommt es also — um auf den Ausgangspunkt dieses Exkurses zurückzukehren — nicht zur anaëroben Zersetzung und Fäulnis, so bringt die Verunreinigung des Wassers für Anlieger nichts Gesundheitsschädliches mit sich.

Schliefslich sei noch eines Nachteils gedacht, der keine gesundheitliche aber eine wirtschaftliche Bedeutung hat, nämlich der Einflufs der Schmutzwässer auf den Fischbestand eines Flusses.

Sind die Ursachen des Fischsterbens auch noch nicht in allseitig befriedigender Weise aufgeklärt, so neigen doch die meisten Autoren der Ansicht zu, dafs dasselbe durch plötzliche Sauerstoffverarmung entsteht.

---

1) 22° dürfte hier die passendste Temperatur sein. Höhere Grade kommen im Flufswasser selten zur Beobachtung.

2) Wenn man Algenwirkung ausschliefsen will, im Dunkeln.

Digitized by Google

Nach den ziemlich nahe übereinstimmenden Untersuchungen von König und Hünnemeier[1]) und Kupzis[2]) macht sich Sauerstoffmangel bei Fischen erst geltend bei einem Gehalt von ca. 1 ccm pro Liter. Tödlich wirkt eine Verminderung auf 0,60—0,70 ccm pro Liter.

Zuntz[3]) und seine Schüler wiesen nach, dafs die atmosphärische Elektrizität den Sauerstoffgehalt des Wassers beeinflufst, dafs man unter anderem bei aufziehenden Gewittern eine Sauerstoffabnahme in aufgestellten Wasserproben beobachten kann. Dieser Einflufs soll sich vor allem geltend machen bei Wasser, welches reich an Fäulnisorganismen ist.

Ein Herabsinken des Sauerstoffgehalts auf 1 ccm und darunter in der Spree und ihren Kanälen habe ich so gut wie nie beobachtet, sobald unmittelbar nach der Entnahme untersucht wurde. Nur wenn man direkt die Probe aus dem einfliefsenden Schmutzstrom der Notauslässe entnimmt, können so niedrige Werte gefunden werden.

Zu einer Schädigung der Fischerei kann es wohl somit durch zeitweiliges Einlassen von Kanalinhalt kaum kommen.

Ja man kann sogar beobachten, dafs die Fische die einfliefsenden Schmutzstoffe aufsuchen, wenigstens habe ich gelegentlich des Speiens des Hauptauslasses von Pumpstation V gesehen, dafs an der Stelle des Einflusses sich eine Menge von Fischen ansammelte, und auch von anderer Seite habe ich ähnliches gehört. Inwieweit eintretende Gewitter den Sauerstoffgehalt zu beeinflussen vermögen, habe ich bis jetzt nicht selbst studieren können, so interessant es auch wäre, die Zuntzschen experimentellen Befunde in praxi nachzuprüfen.

---

1) Über den niedrigsten für das Leben der Fische notwendigen Sauerstoffgehalt des Wassers. Zeitschr. f. Unters. der Nahr.- u. Genufsmittel, 1901, S. 385.

2) Über den niedrigsten für das Leben der Fische notwendigen Sauerstoffgehalt des Wassers etc. Zeitschr. f. Unters. der Nahr.- u. Genufsmittel, 1901, S. 631.

3) a. a. O. S. 843.

Die Notauslässe laufen nur zeitweise, und da ihr Einfluſs, wie gezeigt, ein schnell vorübergehender ist, so ist es von Wichtigkeit, zu erfahren, wie oft durchschnittlich ihre Hilfe zur Entlastung des Kanalnetzes in Anspruch genommen werden muſs.

Aus wiederholt angeführten Gründen läſst sich das nur annähernd sagen.

Zur Verfügung stehen mir die Angaben von Pumpstation III und V aus dem Jahre 1901.

Danach war der Notauslaſs von Pumpstation III im Jahre 1901 im ganzen 18 mal, zusammen 33,8 Stunden geöffnet, darunter war die Öffnung 12,6 Stunden lang wegen einer Reparatur am Druckrohr erfolgt, und nur der Rest (21,2 Stunden) wegen starker atmosphärischer Niederschläge.

Notauslaſs von Pumpstation V war doppelt so häufig in Thätigkeit, nämlich 36 mal (nur wegen Regen) und zwar insgesamt 127 Stunden lang.

Da dieser Notauslaſs, wie schon oben erwähnt, sehr frühzeitig in Thätigkeit gesetzt zu werden pflegt, so werde ich, wenn ich die Häufigkeit seiner Funktion als Mittelzahl für alle übrigen Auslässe annehme, eher zu hoch als zu niedrig greifen. Es würden demnach jeden 10. Tag durchschnittlich $3^1/_2$ Stunden lang die Notauslässe gelaufen haben.

Diese Zahlen sind nicht gerade erschreckend hohe. —

Spree und Kanäle sind in ihrer Wasserführung sehr ungleich. Nach den Messungen von Dietrich[1]) beträgt die Wassermenge der Spree + Kupfergraben etwa das $9^1/_2$fache der Wassermenge des Landwehrkanals.

Nach den Angaben des Verwaltungsberichtes des Magistrats zu Berlin für das Etatsjahr 1900 Nr. 41 S. 3 wurden vom 1. April 1900 bis 31. März 1901 durchschnittlich für den Tag durch die Pumpstationen nach den Rieselfeldern gefördert (abgerundet):

1) Vgl. Dirksen u. Spitta a. a. O. S. 88.

Digitized by Google

Tabelle XXVII.

Radialsystem	I .	16700 cbm,	Radialsystem	VII	16900 cbm,
»	II .	26200 »	»	VIII	18300 »
»	III .	25700 »	»	IX	3900 »
»	IV .	41300 »	»	X	10000 »
»	V .	37400 »	»	XII	8000 »
»	VI .	17100 »			

Von den Radialsystemen benützen V und XII nur die Spree als Vorflut, I, VI und VII nur den Landwehrkanal, II und III Spree und Landwehrkanal, IV und VIII Spree und Spandauer Schiffahrtskanal. Radialsystem IX und X hat seine Notauslässe nur nach dem Spandauer Schiffahrtskanal hin, z. T. durch Vermittelung der Panke.[1])

Es würden daher, wenn man eine gleichmäfsige Verteilung der Abwässer annimmt, nach den obigen Zahlen entfallen sein:

Tabelle XXVIII.

I. Auf die Spree durchschnittlich täglich

das ganze Radialsystem	V	mit	37400 cbm,
» » »	XII	»	8000 »
die Hälfte vom Radialsystem	II	»	13100 »
» » » »	III	»	12850 »
» » » »	IV	»	20650 »
» » » »	VIII	»	9150 »
		zusammen:	101150 cbm.

Tabelle XXIX.

II. Auf den Landwehrkanal durchschnittlich täglich

das ganze Radialsystem	I	mit	16700 cbm,
» » »	VI	»	17100 »
» » »	VII	»	16900 »
die Hälfte vom Radialsystem	III	»	13100 »
» » » »	II	»	12850 »
		zusammen:	76650 cbm.

1) Nur der Arm der Panke, welche in den Nordhafen mündet, kommt als Vorflut wesentlich in Betracht. Der bei der Weidendammerbrücke mündende ist der unwesentlichere.

Digitized by Google

Tabelle XXX.

III. *Auf den Spandauer Schiffahrtskanal* durchschnittlich täglich

das ganze Radialsystem	IX	mit	3900	cbm,
» » »	X	»	10000	»
die Hälfte vom Radialsystem	IV	„	20650	»
» » » »	VIII	»	9150	»
	zusammen:		43700	cbm.

Nach der Rechnung sollten sich die Abwassermengen, die auf den Landwehrkanal entfallen, verhalten zu denen, die auf die Spree entfallen, wie 1 : 9,5, sie verhalten sich aber wie 76650 : 101150 = 1 : 1,3. Hierbei sind noch nicht einmal mitgerechnet die Abwässer der *Rixdorfer Kanalisation*, die bei starken Regenfällen sich ausschliefslich durch die Notauslässe in den Landwehrkanal ergiefsen.

Nun ist ja diese Rechnung nur *annähernd* richtig, da eine so gleichmäfsige Verteilung, wie sie hier angenommen wird, nicht statthat. Es werden zunächst einmal die Systeme, welche überhaupt gröfsere Wassermengen abführen (z. B. IV und V) die Notauslässe intensiver benutzen als andere mit geringer Wasserförderung (z. B. IX, X, XII) und dann ist ja auch die Verteilung der einzelnen Notauslässe auf die Wasserläufe bei den Systemen, welche nach zwei Seiten entwässern, keine gleichmäfsige.

Trotzdem wird man sagen müssen, *dafs der Landwehrkanal der Spree gegenüber bei stärkeren Regenfällen mit Abwässern stark überlastet wird. Ähnlich, wenn auch nicht ganz so schlimm, liegt die Sache beim Spandauer Schiffahrtskanal.*

Fasse ich alle Punkte noch einmal kurz zusammen, so komme ich auf Grund meiner Untersuchungen zu folgenden *Schlüssen*:

1. Von den *gelösten und ungelösten Stoffen* des einfliefsenden Kanalwassers beeinflussen die *gelösten* Stoffe den Reinheitsgrad eines Flusses nachweislich am *stärksten*. Die *sedimentierten* Stoffe stellen eine *länger andauernde aber weniger intensive Quelle der Verunreinigung* dar, so lange der Flufs, speziell die dem Flufsboden benachbarten

Digitized by Google

Wassermassen über einen genügenden Vorrat an Sauerstoff verfügen, d. h. aërobe Zersetzungsprozesse sowohl im Wasser wie auf dem Flufsboden die Oberhand behalten.

2. Die Hauptzersetzung der eingespülten Schmutzstoffe ist in 24—48 Stunden vollendet. Dabei ist die Gröfse der Sauerstoffzehrung ein zuverlässigerer Indikator als die Anzahl der Keime.

3. Die Verunreinigung eines Wassers überschreitet erst dann das zuläfsige Mafs, wenn dasselbe in hoher Schicht offen bei erhöhter Temperatur aufgestellt, seinen Sauerstoffbedarf durch Diffusion aus der Luft nicht mehr zu decken vermag.

Aufstellung genauerer Normen ist hier noch nötig.

4. Die Verunreinigung der Berliner Wasserläufe durch die gelegentlich in Thätigkeit tretenden Notauslässe ist vom ästhetischen Standpunkt aus zu beklagen. Ein Abfangen oder Zerkleinern der grobsinnlich wahrnehmbaren Schwimmstoffe wäre anzustreben, erscheint allerdings z. Z. ziemlich aussichtslos.

5. Vom sanitären Standpunkt aus erscheint die Verschmutzung soweit unbedenklich, als

a) die Verschmutzung nur gelegentlich erfolgt (durchschnittlich etwa alle zehn Tage),
b) sie verhältnismäfsig eine schnell vorübergehende ist,
c) die Verdünnung, soweit sich das schätzen läfst, wohl gewöhnlich unter 1 : 50 heruntergeht, wenigstens bei Mittelwasser,
d) die in Frage kommenden Wasserläufe nicht zur Wasserversorgung dienen, und die Selbstreinigung der Spree bis zum Eintritt in die Havel und vor allem durch dieselbe eine ausreichende ist.

6. Dagegen erscheinen die Badeanstalten, vor allem die in den Kanälen gelegenen, vom hygienischen Standpunkt aus nicht einwandsfrei.

7. Der Landwehrkanal erscheint im Verhältnis zur Spree mit Notauslässen überlastet. Wenn angängig, müfste die Kanalisationsverwaltung Bedacht darauf nehmen, der Spree den Hauptteil der Abwässer zuzuschieben.

Digitized by Google

Wenn ich, wie im Vorhergehenden geschehen, den Einflufs der gelegentlichen Thätigkeit der Notauslässe auf den Reinheitsgrad des Flusses nicht so hoch veranschlage, wie dies andere Autoren thun, so mufs man sich doch darüber Rechenschaft geben, woher denn nun eigentlich der thatsächlich nicht günstige Zustand des Flufswassers herstammt. Ich will hier nicht wieder die Ansicht weitläufig entwickeln, welcher Dirksen und ich seinerzeit Ausdruck gegeben haben, dafs nämlich der Schiffs- und Ladeverkehr einen grofsen Teil der Schuld an der Verschmutzung tragen. Ich halte daran auch heute noch fest. Schon damals aber haben wir betont, dafs die Spree schon in hohem Mafse verunreinigt in Berlin eintritt, und ich glaube, dafs diese Verunreinigung oberhalb Berlins von Jahr zu Jahr stärker wird, und dafs man sie mindestens eben so gut als die Notauslässe der Berliner Kanalisation beschuldigen könnte, das Flufswasser zu verderben.

Der Grund dieser zunehmenden Verschmutzung der Oberspree scheint mir ein doppelter zu sein. Einmal hat die Bebauung der Ufer an der Oberspree mit Vergnügungsetablissements, vor allem aber mit grofsen industriellen Anlagen, in den letzten Jahren gewaltig zugenommen. Ich kann es nicht im einzelnen verfolgen, welche Vorschriften für die Reinigung resp. Entfernung der Abwässer dieser Etablissements bestehen. Es ist aber kaum anzunehmen, dafs trotz aller Vorschriften diese Anlagen ohne irgend welchen Einflufs auf den Flufs sein sollten.

Es kommen aber ferner in Betracht die sogenannten geklärten Abwässer einiger östlicher resp. nördlicher Vororte, nämlich Lichtenberg, Rummelsburg und Pankow.

Was es mit dieser Klärung auf sich hat, beweisen eine gröfsere Anzahl von Analysen, deren Resultate mir Herr Professor Piefke freundlichst zur Verfügung gestellt hat, und welche den Schlufs zulassen, dafs der Effekt der Klärung vielfach ein recht problematischer ist.

Digitized by Google

So fanden sich im Durchschnitt von 7—8 Analysen in 100000 Teilen Wasser Teile:

Tabelle XXXI.

	Gereinigtes Abwasser von der Klärstation in:			Wasser aus dem Hohenschönhauser Grenzgraben, entnommen bei der Ausmündung in die Spree
	Lichten-berg	Rummels-burg	Pankow	
Trockenrückstand . . .	227,8	144,2	236,9	99,9
Übermangansaures Kali erforderlich	56,1	43,6	51,3	15,7
Ammoniak	13,6	11,6	14,4	3,8
Schlammabsonderung in Vol.-Prozent	0,39	0,18	0,8	0,17
Keime pro ccm	32 681	233 000	406 750	264 925

Bei diesem Stande der Dinge darf man sich nicht wundern, dafs der Keimreichtum der Oberspree ein so grofser ist, und auch die Spree im Weichbilde Berlins selbst wird durch diese Vororte (Pankow) in Mitleidenschaft gezogen. Jedenfalls müfste man, wenn man überhaupt an eine Sanierung der Wasserläufe Berlins denkt, über den näherliegenden nicht die entfernteren, nicht minder wichtigen Quellen der Verschmutzung vergessen.

Berlin ist nun einmal auf die kleinen Gewässer der Spree und ihrer Nebenarme als Vorfluter angewiesen. Eine gewisse Verunreinigung derselben durch die Grofsstadt ist unvermeidlich und mufs in Kauf genommen werden. Auch wenn wir an Stelle des Mischsystems das Trennsystem hätten, müfsten wir mit ähnlichen Verunreinigungen rechnen, denn das Meteorwasser, welches Höfe und Strafsen spült, stellt keineswegs ein reines Wasser dar.

Digitized by Google

Über die Schwimm- und Schwebestoffe des Berliner Sielwassers[1]).

Von

Dr. Monti.

(Aus dem hygienischen Institute der Universität in Berlin.)

I.

Die Handbücher von König[2]) und Büsing[3]) über die Verunreinigung der Wässer fassen alles zusammen, was in den letzten 20 Jahren über die Frage des Abflufses der städtischen Abwässer geschrieben wurde. In diesen Arbeiten findet sich einerseits eine historische Darstellung, wie sich die amtlichen Verordnungen immer mehr modificierten, von der Zeit ab, in welcher man mit der gröfsten Strenge die geringste Verunreinigung der offenen Wasserläufe durch Einleitung von Abwässern in dieselben verhinderte, bis zur Gegenwart, in welcher sich bei gröfseren Strömen, der heutige Standpunkt dem ursprünglichen, vermittelnden Pettenkofers auffallend genähert hat.

Zahllos sind die Bemühungen, durch technische Mittel den Reinheitsgrad der städtischen Abwässer in befriedigender Weise zu erhöhen. Die verschiedenen Methoden der Abwässerreinigung sind nicht nur ein Ausdruck für die verschiedenen Bedürfnisse hinsichtlich des Reinigungseffektes, sondern zugleich

---

1) Aus dem Italienischen ins Deutsche übertragen von Frau H. Rubner.

2) J. König, Die Verunreinigung der Gewässer. II. Auflage, Berlin 1899, J. Springer.

3) F. W. Büsing, »Die Städtereinigung«. Stuttgart 1901, A. Bergsträsser.

Digitized by Google

ein Ausdruck für die schwankenden Auffassungen, über den notwendig zu erstrebenden Reinheitsgrad öffentlicher Wässer. Wenige Jahrzehnte zurück wurden zum Teil von Behörden so strenge Anforderungen gestellt, dafs ihnen technisch sicherlich niemals genügt worden ist; erst allmählich hat man sich wieder zu einer Anschauung durchgerungen, welche, mehr auf praktischem Boden stehend, den allgemeinen Bedürfnissen gerecht wird.

Mit allgemeinen Reglementierungen ist auf diesem Gebiete wenig gedient; die Verhütung der Flufsverunreinigung ist eine individuell zu behandelnde Angelegenheit und erst seitdem man in diesem Sinne vorgeht, lassen sich unnötige und unverständige Anforderungen in technischer und pekuniärer Hinsicht vermeiden. Ein nicht zu verkennender Übelstand liegt in der Entwicklung der Abwasserreinigungsfrage in technischer Hinsicht darin, dafs man zwar Dutzende solcher Methoden angegeben, zum Teil auch praktisch ausgeführt hat, dafs aber zumeist, wenn überhaupt, nur sozusagen Musterversuche über den Kläreffekt vorliegen. Wie sich dann diese Einrichtungen wirklich im Betriebe bewähren, wie sie nützen, wie oft sie versagen, darauf erhält man meist gar keine Antwort. Wer aber einigen praktischen Einblick in die Verhältnisse hat, weifs, dafs praktischer Betrieb und Musterversuch unglaublich in ihren Ergebnissen sich unterscheiden können.

Ebenso selten werden die finanziellen Verhältnisse der Betriebsergebnisse bekannt. Zu einer objektiven Beurteilung fehlen daher meist die Grundlagen, finanzielle, technische und sanitäre. Man ist namentlich dort, wo eingeleitete Abwässer wegen des Wasserreichtums der Flüsse eine sinnenfällige Verunreinigung bei oft vieltausendfacher Verdünnung des Abwassers ganz aufser Frage stellen und nur noch die Möglichkeit einer beschränkten Infektionsgefahr des Wassers bei direktem Trinkgebrauch allenfalls möglich erscheinen lassen, wenigstens in epidemiefreien Zeiten, dazu übergegangen, der einfachen mechanischen Reinigung von Schwimm- und Schwebestoffen ein erhöhtes Interesse zuzuwenden.

Das Interesse an dieser Frage ist nicht nur im Hinblick auf die Möglichkeit und den Grad der mechanischen Reinigung von

Digitized by Google

Wichtigkeit, sondern auch hinsichtlich des Effektes solcher Wässer auf die Flufsläufe von Wert. Übersieht man aber die etwa notwendigen wissenschaftlichen Grundlagen, die zur Beurteilung der mechanischen Klärung einfachster Art notwendig sind, so zeigt sich, dafs solche bis jetzt völlig fehlen.

II.

Im Frühjahr 1902 folgte ich dem Auftrag von Geheimrat Rubner, eine Reihe von Analysen des städtischen Abwassers unter diesen noch wenig bekannten Gesichtspunkten zu machen. Es sollte das Kanalwasser nicht synthetisch, sondern analytisch untersucht werden in seinen verschiedenen Bestandteilen, welche durch die ersten Zersetzungsvorgänge erzeugt werden.

Das Kanalwasser von Berlin, zusammengesetzt aus den Abwässern der Häuser, der Haus- und Fabrikindustrie, sowie dem Regenwasser, während die Kühl- und Kondensationswässer der Fabriken gröfstenteils direkt in die Spree eingeleitet werden, bildete ein vorzügliches Untersuchungsmaterial. Von 27000 Grundstücken[1]), von welchen es ausgesandt wird, nehmen es 12 Radialsysteme von Kanälen, von welchen jedes in eine eigene Pumpstation, in einen centralen Sandfang mündet, wo es sich von den groben Verunreinigungen (Lumpen, Papier etc.) reinigt, indem es ein Gitter mit Zwischenräumen von 15 mm passiert; dann wird es von Pumpen aufgesaugt, welche es wieder in die Abflufsrohre, die zu den fernen Rieselfeldern führen, bringen und weiterleiten.

Es wurden mir von der Direktion der Kanalisationswerke in liebenswürdigster Weise die Pumpstationen V u. VII[2]) zur Verfügung

---

1) Mitte des Jahres 1900 waren es 26639, und die Zunahme seit Mitte des Jahres 1899 betrug 295. Verwaltungsberichte des Magistrats zu Berlin für das Etatsjahr 1900, Nr. 41, S. 5.

2) Büsing gibt umfassende Angaben über die allgemeine Einrichtung der Berliner Kanalisation. Weitere genaue Angaben über die verschiedenen Radialsysteme finden sich: v. Hobrecht »Die Kanalisation von Berlin« und »Berlin und seine Bauten«.

Über die Menge des Abwasserzuflusses in den verschiedenen Radialsystemen per Hektar und per Stunde siehe Büsing I, S. 158, und Verwaltungsbericht 1900 S. 2—3.

Digitized by Google

gestellt. Jene, ein Terrain von 808 a im nordöstlichen Teile der Stadt, wo ein lebhaftes, geschäftliches Treiben pulsiert, umfassend, sammelt durch ein Netz von 190 km Thonrohrleitungen und 26 km gemauerter Kanäle das Abwasser von einer hauptsächlich aus Arbeitern bestehenden Bevölkerung von 381 000 Köpfen, von zahlreichen Fabriken und kleineren Betrieben, das Abwasser der Centralmarkthalle und des Schlachthofes, und wurde als die lehrreichste für den Gang der Untersuchungen gewählt. In Zone VII, welche im aristokratischen Westen liegt, angrenzend an die Nachbarstädte Schöneberg und Charlottenburg, eine Ausdehnung von 415 ha umfassend, wo Handel und Gewerbe nur wenig betrieben wird, und sich schöne Häuser und große Gärten befinden, sammelt ein Netz von 30 km Thonrohrleitungen und 12 km gemauerter Kanäle das Abwasser von 149 500 Einwohnern[1]). Hier machte ich nur eine flüchtige Reihe von Versuchen, welche zum Vergleiche dienen sollen.

Die Hauptaufgaben, welche bei meinen Untersuchungen gestellt wurde, lag darin, eine exakte Vorstellung von der Menge und physikalischen Beschaffenheit der Schwebestoffe im Sielsystem zu erhalten.

Es kann kaum einem Zweifel unterworfen sein, daſs das bisher gewonnene Material nach dieser Richtung keine zuverlässigen Resultate geben konnte. Die Versuche sollten möglichst groſse Wasserquantitäten verarbeiten, um brauchbare Mittelzahlen zu erhalten, und die Teile auch nach ihrer Gröſse trennen. Zu diesem Zwecke eignen sich nach Vorversuchen, welche Geheimrat Rubner selbst angestellt hatte, in vorzüglicher Weise die Anwendung von Siebsätzen, wie solche bei der Bodenanalyse Verwendung finden. Der verwendete Siebsatz bestand aus fünf einzelnen Sieben. Die Durchmesser der Sieböffnungen betrugen 7 resp. 4, 2, 1, 0,5 mm. Nachdem der Apparat vorlag und seine leichte Anwendung gegeben war, war es möglich, groſse Wassermengen zu untersuchen. Das Wasser wurde geschöpft, nachdem es schon das Gitter des Sandfanges passiert hatte, und für jede Probe

1) Private Mitteilung der Direktion.

Digitized by Google

wurde in verschiedenen Tiefen des Sandfanges selbst geschöpft, von der Oberfläche bis auf den Grund desselben. Dann wurde das Wasser in den Siebapparat gegossen, wo es auf den stufenweise geordneten Zwischenwänden seine Schwebestoffe hinterliefs und wurde dann in grofsen Ballons von je ca. 66—80 l Inhalt gesammelt. Nachdem es tüchtig durchgeschüttelt war, entnahm ich denselben eine Mischprobe von 5 l, welche ich nach einem Verfahren, welches Grether[1]) im gleichen Laboratorium 1896 schon zur Kontrolle von Versuchen über die Sedimentierung angewendet hatte, mit einfachem Faltenfilter filtrierte, nachdem ich einige Tropfen Chloroform zugegossen hatte, um die Zersetzungsprozesse aufzuhalten.

Das Wasser, welches aus dem Faltenfilter abfliefst, enthält sicher noch ganz feine schwebende Substanzen, aber sie sind so zerteilt, dafs sie sogar nach einer energischen Behandlung mit der elektrischen Centrifuge, mit 2000 Umdrehungen per Minute, kaum einen Bodensatz hinterliefsen. Da sie keinem praktischen Ausscheidungsverfahren zugänglich waren, so konnte ich diese Spuren unter dem Gesichtspunkte meiner Untersuchungen, ohne damit etwas verschweigen zu wollen, »als gelöste Stoffe« betrachten. Ich werde später darauf zurückkommen. Zuletzt nahm ich eine Probe von 5 l von natürlichem Abwasser des Sandfanges, welches mir zu einem Kontrollversuch der analytischen Untersuchungen, welche ich mit dem nach obigem Verfahren behandelten Wasser anstellte, diente.

Es wird von jedem Hygieniker a priori zugegeben, dafs diejenigen Analysen, welche am notwendigsten und am geeignetsten sind, die Verunreinigung des städtischen Abwassers zu erkennen, solche sind, welche die Quantität und die Qualität der organischen Substanzen, welche es enthält, bestimmen, sei es, weil sie einen ansehnlichen Teil des Schmutzes ausmachen, sei es, weil die sanitären Übelstände, welche der öffentlichen Gesundheit durch diese Abwässer drohen, von diesen oder von der Zersetzung jener organischen Stoffe grofsenteils selbst herrühren. Die Frage ist

1) G. Grether, »Betrachtungen zur Frage der Abwasserreinigung«, Inaugural-Dissert. München 1896 S. 11.

Digitized by Google

nun, in welcher Weise man bei den Untersuchungen vorgeht. Bei der chemischen Prüfung des Materiales habe ich mich mit Rücksicht auf anderweitige Untersuchungen des Laboratoriums etwas beschränken können. Zum Ausgleich der Fehler, welche die Untersuchung des »Glühverlustes« ergibt, wendet man gewöhnlich die Untersuchung des Stickstoffgehaltes der organischen Substanz, oder die der Oxydierbarkeit, nach dem Verfahren von Kubel-Tiemann an. Wenn diese Methoden auch immer wieder zur Verwendung gelangt sind, so kann man zur Berechtigung eines solchen Vorgehens nur den Umstand anführen, dafs es eben nicht viel Besseres gibt. Im übrigen hielt ich es doch für am zweckmäfsigsten, den N-Gehalt der gewonnenen Proben nach Kjeldahl zu bestimmen. Jedenfalls läfst sich derselbe wirklich genau fassen und dient speziell in der mir gestellten Aufgabe zur Charakterisierung einer Substanz. Den von Dunbar[1]) ausgesprochenen Anschauungen möchte ich in vollem Umfang nicht beitreten. Abgesehen von dem N läfst sich noch eine andere Gruppe von Stoffen genauer ins Auge fassen, die fettartigen Stoffe Triglyceride, Fettsäuren und Seifen. Hinsichtlich dieser sind vor kurzem umfangreiche Untersuchungen aus dem hygienischen Institute von Schreiber[2]) veröffentlicht worden, welche z. e. M. eingehend die Bedeutung des fettartigen Materials im Sielwasser genau festgestellt haben. Auf Grundlage aller dieser Betrachtungen beschränkte ich meine chemische Prüfung auf die Untersuchung des in der organischen Substanz gebundenen Stickstoffes nach der Methode von Kjeldahl und des Gesamtätherextraktes nach der Methode von Soxhlet. Diese führte ich in zwei Weisen aus, d. h. ich machte zuerst eine einfache Ätherextraktion (Triglyceride und freie Fettsäure), dann behandelte ich das Prüfungsmaterial nochmals mit verdünnter Salzsäure, liefs es abermals trocknen und zog es endlich mit Äther aus. (Gebundene Fettsäuren.) Die Untersuchungen wurden im Mai

1) Dunbar u. Thum, Beitrag etc. S. 15.

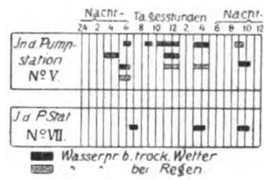
2) Schreiber, »Über den Fettreichtum der Abwässer und das Verhalten des Fettes im Boden der Rieselfelder Berlins«. Archiv f. Hygiene 45. Bd., 4. Heft.

Digitized by Google

begonnen und bis zu den ersten Augusttagen fortgesetzt, also im Zeitraum zwischen dem gröfsten (August) und dem geringsten (April) Wasserverbrauch, womit der gröfste und kleinste Zuflufs von Abwasser in die Kanäle während des Jahres übereinstimmt. Die Wassermenge, welche die Siebe passierte, wechselte bei jeder Probe, je nach den Umständen (gröfser oder geringer erscheinende Verunreinigung), von einem Minimum von 260 l zu einem Maximum von 500 l, mit einem Mittel von 400 l. Ich machte zwölf Beobachtungen an Station V zu verschiedenen Tageszeiten und zuweilen bei regnerischem Wetter oder bald nachher; in Zone VII stellte ich drei Versuche an, alle an einem Tag, morgens, nachmittags und am Spätabend, bei trockenem Wetter, nachdem tags vorher ein Regen Gärten, Strafsen und Kanäle gespült hatte. Die Übersicht der Anordnung der verschiedenen Untersuchungen in Beziehung zu den Tageszeiten ist auf obiger Tabelle I dargestellt.

Tabelle I.

Anordnung der Untersuchungen.



III.

Die Anwendung der Siebe zur Prüfung der Abwässer war ein sehr glücklicher Gedanke. Dieses Verfahren erlaubte nicht nur die Quantität der suspendierten Bestandteile, welche auf mechanischem Wege entfernt werden können, zu bestimmen, sondern gab auch die Möglichkeit, in genauer Weise die Natur der Bestandteile selbst, und die Art, auf welche die ersten Zersetzungserscheinungen in den Kanälen selbst, zu Stande kommen, zu erforschen.

Das Abwasser der Stadt, welches beim Durchfliefsen des Gitters des Bassins schon von den gröfseren schwimmenden Substanzen befreit wird, und während dessen Lauf die schwersten Sinkstoffe sich auf dem Boden der Kanäle ablagern, hinterläfst auf dem Sieb von 7 mm fast ausschliefslich nur Fäkalien und gröfsere pflanzenartige Fragmente; nur in den späteren Nachtstunden, wenn das städtische Treiben ruht,

Digitized by Google

sammelt sich auf dem Sieb ein spärlicher Rest von Papier, Kräutern[1]) etc.

Auf dem zweiten und dritten Sieb (4 und 2 mm) lagern beständig eigentlich nur Pflanzen, Blätter, kleine Ästchen und eine grofse Menge Pflanzensamen, welche aus den Gärten, Alleen und Gemüseabfällen der Küche stammt.

In Nr. 4 sammelt sich eine Substanz von schlammigem Aussehen an, welche getrocknet an Volumen gewinnt und eine geschmeidige Beschaffenheit annimmt; man unterscheidet leicht mit blofsem Auge, verwirrte, in kleine Stücke zerriebene vegetabilische Reste, eine Art Flaum bildend. Bei der mikroskopischen Untersuchung kann man ein ziemlich dichtes Geflecht von Fasern entdecken. Man kann leicht die charakteristischen Formen der Baumwolle, des Flachses, gemischt mit den un-

---

1) Die ganze Menge schwimmender Substanzen im Kanalwasser, welche von der Gröfse von wenigen Centimetern bis zu aufsergewöhnlichen Dimensionen variieren, bisweilen nur klein in ihrem wahren Volumen, trotzdem verstopfend wirken durch ihre Oberflächenentwicklung (gröfstenteils sind es Lumpen und Papier, welche durch das Kanalwasser aufgeweicht sind) und die Substanzen, welche sich schnell auf dem Boden der Kanäle und des Sandfanges niederlassen, können nicht wohl in die Analysen, welche auf die Erkenntnis der mittleren konstanten Beschaffenheit des Abwassers abzielen, einbezogen werden. Aus dem Verwaltungsberichte des Magistrates zu Berlin (1900 S. 6) geht hervor, dafs in dem genannten Jahre diese Substanzen, alles inbegriffen, sich beliefen auf:

Pumpstation	V	924 cbm	im Sandfang und	1176 cbm	in der Leitung.
›	VII	241 ›	› ›	588 ›	› › ›

somit die ansehnlichste Menge im ganzen von 2100 cbm für Zone V und von 829 cbm für Zone VII, welche durch die Zahl der Einwohner, welche auf die genannten Zonen treffen, geteilt, Folgendes ergibt, in:

Zone V	5,65 l	pro Kopf und Jahr,
› VII	5,56 l	› › › ›

ein kleiner Beitrag im Vergleich zu den anderen Regionen Berlins, während der gewöhnliche Mittelwert ist: 7,26 l pro Kopf und Jahr und der höchste (Z IV) 16,42 l pro Kopf und Jahr.

Das Verhältnis der Menge dieser Substanzen zu der Menge Abwassers, welches den Brunnen im Laufe des Jahres zufliefst, ist:

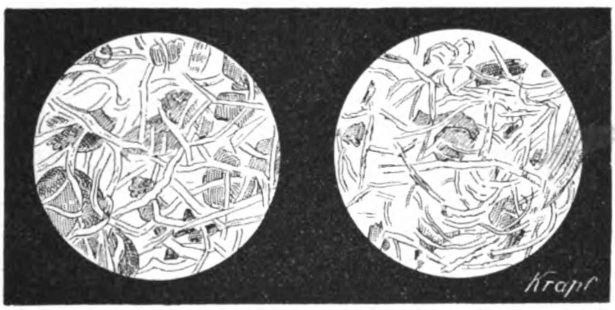
pro Zone V	$^1/_{6510}$	entsprechend	0,150 l	pro cbm,
› › VII	$^1/_{7433}$	›	0,133 l	› ›
Durchschnitt	$^1/_{5662}$	›	0,177 l	› ›
Maximum (Z. IX)	$^1/_{2319}$	›	0,431 l	› ›

Digitized by Google

regelmäfsigen, höckerigen Formen der tierischen wollenen Gewebe, und feine Muskelfasern erkennen.

Viele Fäden sind noch in ein loses Geflecht verschlungen, eine schwache Erinnerung an das Gewebe, dem sie einmal angehörten; zahlreicher sind die Fasern von krautartigen Pflanzen im allgemeinen, Getreide, Nahrungsmittel und Häutchen von Samen. Fast alle sind entfärbt, dünn und gewunden, die animalischen Fasern sind ganz durchsichtig, zerbröckelt, sie scheinen wie verdaut durch Flüssigkeiten, welche nur das widerstandsfähige Gewebe verschont haben.

Nur einige Baumwoll-, Seiden- und Wollfäden bewahren ihre Farbe unverändert, besonders unter anderen die grüne, rote



Substanzen auf dem 1. Sieb (1 mm) geblieb. Substanzen auf dem 5. Sieb (0,5 mm) geblieb.

und himmelblaue; einige andere Fasern haben eine gelbliche Ambra-Farbe, welches die Galle im Darminhalt verrät. Umklammert von den Maschen dieses Geflechtes liegen die Samen, Kohlenfragmente, verkohlte Vegetabilien, Kaffee, Pflanzenwürzelchen etc. Endlich, zwischen den Lücken der Fasern, welche das Netz bilden, finden sich gewöhnlich kleine eckige Körnchen ohne bestimmte Formen, manchmal spärlich, manchmal zahlreich, schwärzlich, die man für Erdreich halten könnte, Endprodukte der Trennung der Substanzen.

Im Rückstand des 5. Siebes (0,5 mm) treten alle diese Formen ganz besonders hervor; er ist von ganz schlammiger Beschaffenheit und dunkelgrauer Farbe in frischem Zustande;

Digitized by Google

getrocknet, vergröfsert sich sein Umfang, und er nimmt einen ausgesprochen weichen und geschmeidigen Charakter an.

Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigt sich der faserige Bau noch reichlicher und dichter, er wird ein wirkliches, wirres Gewebe; in den Maschen werden die Samen und Substanzfragmente spärlicher, dagegen nehmen die Erdkörnchen, welche in den Fäden des Gewebes hängen geblieben sind, zu.

Wenn man die oben beschriebenen Rückstände 2, 5, 4, 5, besonders die 3 ersten, trocknet und sich selbst überläfst, so werden sie nach und nach schwärzlich und verbreiten einen scharfen aromatischen Geruch von ranzigem Fett.

Nach Prozenten berechnet sich ihre Wassermenge, von 1 zu 5 aufsteigend:

1.	Sieb	7	mm	=	75—78 %	Wasser
2. u. 3.	»	4 u. 2	»	=	75—80 %	»
4.	»	1	»	=	85—90 %	»
5.	»	0,5	»	=	90—95 %	»

Bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes der frischen Substanz, welche ich durch die volumetrische Methode auszuführen suchte, hatte ich bei dem Rückstand I verschiedene Resultate unter 1000 für das nicht behandelte Material, und Gröfsen von ca. 1030—1060 bei der zum Zweck der Entfernung der darin enthaltenen Luft und des Gases vorher gut durchgemischten Substanz.

Ich hatte keine bemerkenswerten Resultate bei den Rückständen der anderen Siebe.

Das spezifische Gewicht der trockenen Substanz, welches vermittelst des Piknometers und unter Anwendung der Vorsicht, die Luftblasen durch Erwärmung und Bewegung zu entfernen, bestimmt wurde, ist folgendes:

2. u. 3.	Sieb	=	1,052
4.	»	=	1,190
5.	»	=	1,260.

Über den Rückstand des 1. Siebes machte ich keine Bestimmungen, weil er sehr reich an löslichen Substanzen ist, welche die Untersuchung stören.

Digitized by Google

Aus der Kenntnis des prozentualischen Wassergehaltes der frischen Substanz und des spezifischen Gewichtes der trockenen Substanz ist mit ziemlicher Genauigkeit das spezifische Gewicht der frischen Substanz abzuleiten.

Wenn eine wässerige Mischung n % Wasser enthält, und das spezifische Gewicht der festen Substanz in ihr $= p$ ist, und

100 g der Mischung $= n$ g Wasser $+$ $(100 - n)$ g Substanz, so beträgt das Gewicht dieser Mischung:

$$n + \frac{100\,n}{p}.$$

Also ist ihr spezifisches Gewicht:

$$P = \frac{n + (100 - n)}{n + \left(\frac{100 - n}{p}\right)},$$

was sich durch die Formel ausdrücken läfst:

$$P = \frac{100}{n + \frac{100 - n}{p}}$$

Auf der Basis dieser Formel ergibt sich das folgende ungefähre spezifische Gewicht für die Rückstände der verschiedenen Siebe:

2. u. 3. Sieb	= 1,011
4. »	= 1,019
5. »	= 1,017.

Die charakteristische Form der obengenannten Substanz, welche ganz besonders auf der Oberfläche verteilt und entwickelt ist (Häutchen, Blattstückchen, Fasern) und die Menge von Gas, welche sich fortwährend als Folge der Zersetzungserscheinungen entwickelt, sind gewifs triftige Gründe dafür, dafs die Substanz selbst im Laufe des Abwassers in Schwebe erhalten bleibt.

Dennoch kann man aus den oben angegebenen Zahlen leicht schliefsen, dafs der wichtigste Faktor das Wasser selbst ist, welches eine innige Verbindung mit der Substanz eingeht in Form hygroskopischer Bindung und Quellung, und so das hohe spezifische Gewicht der Substanz selbst neutralisiert.

Digitized by Google

Zum Schlufs seien noch in Bezug auf die morphologischen Eigentümlichkeiten der verschiedenen Rückstände in den Sieben einige Bemerkungen über die Volumveränderungen, welche bei denselben, bei dem Übergang vom frischen zum trockenen Zustand, vorkommen, angefügt.

Diese Zunahme steht in direkter Beziehung zu der Luftmenge, welche in die Zwischenräume der Substanz eindringt. Indem ich volumetrische Bestimmungen mit Quecksilber anstellte, erhielt ich folgende Zahlen:

der	Rückstand	des	1.	Siebes	nahm	als	Volumen	an	= 1,4
»	»	»	2. u. 3.	»	»	»	»	»	= 2,5
»	»	»	4.	»	»	»	»	»	= 3
»	»	»	5.	»	»	»	»	»	= 4—5.

Ich mufs anfügen, dafs diese Zahlen, obwohl als Durchschnitt zahlreicher Bestimmungen, doch immer nur im weitesten Sinne annähernde genannt werden können; in jedem Falle ist für die Praxis die beträchtliche Zunahme des Volumens der trockenen Substanz in Sieb 4 und 5 wichtig, welche sich dadurch erklärt, dafs die Fäden, welche das dichte Gewebe bilden, sich bei der Austrocknung ausdehnen und zahlreiche Zellen bilden, welche sich mit Luft füllen. Die schwebenden Substanzen, welche vom Faltenfilter zurückgehalten werden, bilden ein sehr feines, schwärzliches, sich weich wie Seife anfühlendes Pulver, die gelösten und verdunsteten Substanzen haben beständig eine rötliche Farbe, sind ziemlich schwer, reich an Natrium, Pottasche und Calcium, im Vergleich zu den anderen Bestandteilen auch an Eisen.

Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen obengenannten Bestandteile in Bezug auf die organische Substanz ist auf der folgenden Tabelle wiedergegeben.

(Siehe Tabelle II auf S. 133.)

Diese chemische Zusammensetzung, auf das Innigste mit den schon oben dargelegten morphologischen und physikalischen Eigenschaften verknüpft, erklärt den Entwicklungsvorgang, durch welchen die verschiedenen Bestandteile selbst gebildet werden.

Digitized by Google

Tabelle II.

der	1 g trockener Rückstand											
	hatte einen **Glühverlust**			hatte einen **Stickstoffgehalt**			enthielt **freie, mit Äther extrah. Subst.**			**in Salzen gebundene, mit Äther extrah. Subst.**		
	von Maxim.	bis Minim.	Durchschnitt	von Maxim.	bis Minim.	und Durchschnitt	von Maxim.	bis Minim.	und Durchschnitt	von Maxim.	bis Minim.	und Durchschnitt
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
auf dem	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1. Sieb geblieb. Subst.	0,904	0,898	0,90	0,060	0,042	0,048	0,157	0,139	0,148	0,069	0,037	0,053
2. » » »	0,965	0,959	0,96									
3. » » »	0,96	0,86	0,91	0,036	0,028	0,030	0,250	0,234	0,242	0,058	0,052	0,055
4. » » »	0,97	0,885	0,93									
5. » » »	0,921	0,834	0,88	0,037	0,031	0,034	0,167	0,154	0,161	0,054	0,052	0,053
auf dem Faltenfilter gebl. Substanz . .	0,85	0,73	0,79	0,031	0,021	0,025	0,210	0,080	0,164	0,160	0,090	0,142
gelöste Substanzen .	0,33	0,24	0,30	0,031	0,027	0,029	0,025	0,011	0,016	0,022	0,020	0,021

Die Abfälle, welche das Kanalwasser mit fortführt, werden, nachdem sie erst umfangreich und kompakt waren, kaum in die Leitung gelangt, die Beute der fäulniserregenden, zerstörenden Thätigkeit der Bakterien und der Temperatur des Wassers, welche beständig 1°—2° und 2½° höher ist als die Temperatur der Luft des Kanales selbst.

Je langsamer der Abflufs und je kälter die Atmosphäre (nachts und frühmorgens), umsomehr tritt der Unterschied der beiden Temperaturen hervor.

Die enorme Menge Wassers, welche sich ansammelt, wahrscheinlich unterstützt von den chemischen Verunreinigungen, die hineingelangt sind (Seifen, Säuren, Laugen), entzieht ihnen die löslichen Substanzen, weicht sie auf, dringt ein und zerstört den Zusammenhang.

Nur die Substanzen, welche nahe der Pumpstation in den Kanal gelangen, leiden weniger intensiv unter dieser Thätigkeit, und zusammen mit Papier, Lumpen etc. werden sie vom Gitter des Sandfanges aufgehalten; je weiter entfernt der Ort der Einleitung vom centralen Bassin ist, um so zerkleinerter kommen

Digitized by Google

die Substanzen selbst in dieses, so dafs sie nicht einmal mehr von Sieben von 7—4—2 mm Weite aufgehalten werden können. Alles wird nach und nach zu Partikeln von unbestimmter Form. Ein grofser Teil der Zerfallsprodukte wird auf dem Weg durch die Myriaden kleinster Fädchen locker zusammengehalten, welche aus Pflanzen-, Stoff-, und Fleischfasern bestehen und sich im Wasser schwebend finden; sie haben eine grofse Ähnlichkeit mit denen, welche man auch in der Luft, auf der Erde und auf den Fufsböden der Häuser als Staub antrifft. So entsteht auf dem Weg durch die Kanäle eine neue Substanz, gebildet wie aus einem Netz, ein dichtes faseriges Gewebe und darin eingehüllt die kompakten winzigen Zerfallsprodukte: das erinnert durch die Ähnlichkeit der Struktur und des Materials an die leichten weichen grauen Flocken, welche sich in den Winkeln unserer Häuser finden. Diese werden vom Luftzug fortgetragen, hier trägt die Strömung des Wassers Gewebe und Körperchen in engster Vereinigung, vermischt sie, reifst sie mit fort und stellt so das enge Geflecht her, welches in den Sieben 1—0,5 mm Weite zurückbleibt. Aber der Zermahlungsprozefs schreitet fort, die Körnchen, die Teile werden immer feiner, entschlüpfen den Maschen des Netzes, setzen ihre Reise für sich allein fort und können nun nur noch mit dem Faltenfilter aufgefangen werden, wo sie den schon oben beschriebenen, schwärzlichen, seifenartigen Rückstand bilden, welcher arm an Stickstoff und organischen Substanzen ist.

Nach diesem Stadium bildet sich im Wasser eine Mischung allerfeinster Substanzen, welche der stärksten Centrifugierung widersteht. Der Schlamm, welchen man, wie ich schon sagte, nach Anwendung der elektrischen Centrifuge mit 2000 Umdrehungen pro Minute erhält, ist äufserst spärlich, graulich, undurchsichtig, sehr leicht beweglich bei der leisesten Erschütterung des Gefäfses. Die Undurchsichtigkeit der Flüssigkeit hat thatsächlich nicht durch die Centrifugation bemerkenswert abgenommen, es ist auch der Gehalt an organischer Substanz und an Stickstoff des Abdampfrückstandes der Flüssigkeit vor und nach der Centrifugation nicht besonders verändert.

Digitized by Google

Diese Substanzen haben einen gröfseren Gehalt an Stickstoff als die im Faltenfilter zurückgebliebenen Substanzen. Die Resultate der Analysen, welche in Bezug auf den Ätherextrakt der verschiedenen Bestandteile der Abwässer gemacht wurden, ergänzen die Vorstellung, wie sich die ersten Zersetzungsvorgänge im Abwasser selbst abspielen.

Die Substanzen, welche durch einfache Behandlung mit Äther ausgezogen werden, enthalten immer einen gewissen Grad von Säure.

Tabelle III.

Säurezahl des ersten Ätherextrakts.

Es sind notwendig zur Neutralisation von 1 g Ätherextrakt von der	Maximum	Minimum	Durchschnitt	
auf dem 1. Sieb geblieb. Subst.	83	74	79	mg KOH.
» » 2. » » »				
» » 3. » » »	78	60	68	
» » 4. » » »				
» » 5. » » »	146	91	109	
auf dem Filter geblieb. Subst. .	102	60	80	
gelösten Substanz	184	130	157	

Aus der obigen Tabelle ist zu ersehen, wie dieser Säuregehalt nach und nach wächst in direktem Verhältnis zu der Zerkleinerung der Substanzen; die einzige Ausnahme macht der Rückstand des Faltenfilters, der relativ wenig sauer ist im Verhältnis zu der entsprechenden Kleinheit der Stoffe; aber dies läfst sich leicht erklären, wenn man bedenkt, dafs das Papierfilter nicht blofs den feinen Brei, das Produkt der Zersetzung, sondern auch die enorme Menge frischen Fettes zurückhält, welches aus den Küchen, Schlächtereien etc. in die Kanäle gelangt, und welches infolge seiner feinen Verteilung die Siebe unverändert passiert.

Aber nicht blofs dieser Säuregehalt wächst proportional dem verschiedenen Grad der Zersetzung der Körper, sondern auch für jede Kategorie dieser losgelösten Körper entspricht die gröfsere oder geringere Säuremenge der freien, durch Äther ausziehbaren

Digitized by Google

Substanzen, beständig der gröfseren oder kleineren absoluten Menge der Substanz selbst, d. h. mit anderen Worten, die Quantität des ersten Ätherextraktes steht im umgekehrten Verhältnis zur eigenen Säurezahl. Die folgende Tabelle gibt davon einige Beispiele.

Tabelle IV.

Umgekehrtes Verhältnis des ersten Ätherextrakts und der betreffenden Säurezahl

in der	am	1. Ätherextrakt	Säurezahl
auf dem 1. Sieb geblieb. Substanz	27. VI.	0,157 g	74
	30. VI.	0,139 »	83
auf dem 2. Sieb geblieb. Substanz	20. VI.	0,280 »	88
	25. VI.	0,340 »	30
auf dem 3. Sieb geblieb. Substanz	20. VI.	0,250 »	63
	25. VI.	0,161 »	71
auf dem 4. Sieb geblieb. Substanz	25. VII.	0,149 »	61
	27. VI.	0,151 »	78
auf dem 5. Sieb geblieb. Substanz	20. VI.	0,154 »	146
	27. VI.	0,167 »	91

Diese Thatsache findet ihre Ergänzung in den folgenden, nachträglichen Beobachtungen in Hinsicht auf die bestehenden Beziehungen zwischen durch Äther ausziehbaren freien Substanzen und solchen analoger gebundener Substanzen in ihnen.

Es ist unmöglich, eine absolute Grenze der Trennung zwischen den einen und den anderen zu bestimmen. In den Spalten 9 und 12, Tabelle II, sind ihre respektiven Werte angegeben, und in Spalte 7, 8, 9 und 11 stehen die analogen gröfsten und kleinsten Werte, welche ich im ganzen Verlaufe der Untersuchungen gefunden habe. Man kann daraus ersehen, dafs die gröfsten Schwankungen zwischen Maximum und Minimum des ersten Ätherextraktes auf das Engste verbunden sind mit den entsprechenden des zweiten Ätherextraktes für jede Kategorie von Substanzen.

Digitized by Google

Diese Übereinstimmung ist nicht so, dafs dem reichlichen Gehalt des ersten Ätherextraktes nun der reichliche Gehalt des zweiten Ätherextraktes entspräche und dem spärlichen ersten der spärliche zweite, sondern gerade das Gegenteil trifft zu; da, wo die durch Äther ausziehbare freie Säure überwiegt, ist die analoge, als Seifen gebundene Substanz nur spärlich vorhanden und umgekehrt.

Dies Verhältnis ist etwas anders bei den beiden letzten Kategorien von Substanzen, nämlich in der vom Filter zurückgehaltenen und in der gelösten, vielleicht, weil in ihnen der Unterschied der absoluten Menge der beiden Ätherextrakte minimal ist, während im Gegenteil bei den Rückständen der Siebe der Unterschied zwischen den beiden Ätherextrakten ziemlich grofs ist (4 : 1, 3 : 1). Die Schwankung ist klar genug, beifolgend einige analytische Beispiele.

Tabelle V.

Umgekehrtes Verhältnis der ersten und zweiten Ätherextrakte

in der	am	(1. Extrakt)	(2. Extrakt)
auf dem 1. Sieb geblieb. Substanz	27. VI.	0,157 g	0,037 g
	30. VI.	0,139 »	0,069 »
auf dem 2. Sieb geblieb. Substanz	20. VI.	0,280 »	0,072 »
	25. VI.	0,340 »	0,056 »
auf dem 3. Sieb geblieb. Substanz	20. VI.	0,250 »	0,029 »
	25. VI.	0,161 »	0,040 »
auf dem 4. Sieb geblieb. Substanz	25. VI.	0,149 »	0,060 »
	27. VI.	0,151 »	0,054 »
auf dem 5. Sieb geblieb. Substanz	20. VI.	0,154 »	0,054 »
	27. VI.	0,167 »	0,052 »

Wenn wir zum Schlufs alle oben angegebenen Werte in Prozenten des ganzen Ätherextraktes berechnen, so erhalten wir die in Tabelle VI S. 138 angegebenen Resultate.

Es ist eine evidente regelmäfsige Aufeinanderfolge, in der die durch Äther ausziehbaren Stoffe in den gröberen Bestandteilen des Abwassers den vorherrschenden Teil bilden, nach und

Digitized by Google

nach, je mehr sich diese Bestandteile in ihren Zusammenhang auflösen, werden sie die Beute der Zersetzung. Sie nehmen nach und nach ab, fallen unter 50%, während die in Salzen gebundenen Substanzen, welche in den gröberen Komponenten sehr spärlich waren, mit fortschreitender Zersetzung zunehmen und schliefslich vorherrschend werden. Hinsichtlich dessen, was in

Tabelle VI.
Prozentige Anordnung des gesamten Ätherextrakts

in der		1. Extr. %	2. Extr. %
auf dem 1. Sieb geblieb. Subst.	27. VI.	81	19
	30. VI.	67	33
	Durchschnitt	75	25
auf dem 2. Sieb geblieb. Subst.	20. VI.	80	20
	25. VI.	86	14
auf dem 3. Sieb geblieb. Subst.	20. VI.	90	10
	25. VI.	80	20
auf dem 4. Sieb geblieb. Subst.	25. VI.	71	29
	27. VI.	70	30
auf dem 2, 3., 4. Sieb (s. Tab. II Durchschnitt)		81	19
auf dem 5. Sieb geblieb. Subst.	20. VI.	74	26
	27. VI.	76	24
	Durchschnitt	75	25
auf dem Filter geblieb. Subst.	25. VI.	57	43
	27. VI.	47	53
	Durchschnitt	54	46
gelösten Substanz	25. VI.	53	47
	2. VII.	5	95
	Durchschnitt	43	57

unserem Falle als Atherextrakt zu verstehen ist, ist kaum nötig zu bemerken, dafs die fettähnlichen Körper, die ammoniakalischen Verbindungen, das Chlorophyll etc., welche doch durch den Äther aufgelöst werden, nicht in erheblicher Weise die Vorstellung erschüttern können, dafs der gröfste Teil der mit Äther ausgezogenen Substanz, Triglyceride und Fettsäuren sind. Man könnte versuchen, die ursprüngliche Menge an Triglyceriden, welche das

Digitized by Google

Abwasser und seine verschiedenen Bestandteile enthält, zu erfahren, indem man aus dem ersten Ätherextrakt die fettähnlichen Körper entfernt, ferner durch Verseifung die darin enthaltenen saueren Fette isoliert, dann ihre Menge, wie auch jener, welche den zweiten Ätherextrakt bilden, feststellt und endlich als Triglyceride berechnet nach der Formel:

(n = Fettsäure bezw. 2. Ätherextrakt, N = im 1. Ätherextrakt enthaltenes Fett.)

$$(282 \times 3) : 882 = x \text{ (Trioleïn)}$$

oder:

$$(256 \times 3) : 804{,}2 = n : x \text{ (Tripalmitin)}$$

oder auch:

$$(284 \times 3) : 888 = n : x \text{ (Tristearin) etc.}$$

$$N + x = \text{Gesamtfett.}$$

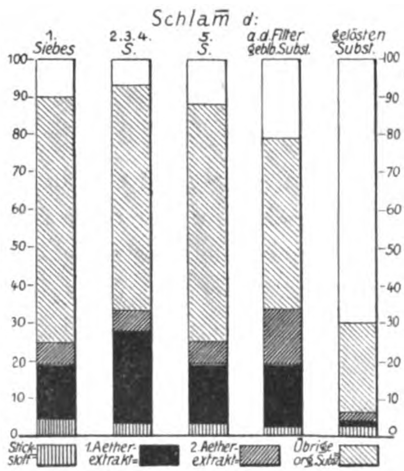
Aber vor allem gestattet ein Material, dessen Bestandteile so aufserordentlich verschieden sind, wie dies bei den im Abwasser enthaltenen Abfällen der Fall ist, nicht leicht festzustellen, welche Triglyceride zu bestimmen sind; überdies wäre die Kenntnis des Gesamtfettgehaltes eine rein theoretische, weil ein grofser Teil der Fettkörper, welche das Wasser enthält, schon in Seifenform hineinkommt. Wichtiger vielleicht wäre es, die wirkliche Menge an Triglyceriden, welche im Ätherextrakt enthalten ist, zu kennen, um die Menge von Seifen zu erfahren, die daraus entstehen könnte, aber dieser Punkt ist schon ausführlicher in der neuen Arbeit von Schreiber behandelt, er hat nichts mit dem Zwecke meiner Untersuchungen gemein.

Wenn man die oben dargelegten Beobachtungen kurz zusammenfafst und ergänzt, erkennt man, dafs die Fettkörper in den verschiedenen Bestandteilen des Abwassers von dem Zersetzungsprozesse, welcher in den organischen Substanzen im allgemeinen und dem Stickstoff analogerweise darin vor sich geht, beeinflufst werden, sowohl in ihrer absoluten Menge als auch in ihrem inneren chemischen Aufbau. In Bezug auf die absolute Menge ergibt sich aus Tabelle II ganz offenbar, dafs der Gesamtätherextrakt von den ersten Rückständen der Siebe bis zu den

Digitized by Google

gelösten Substanzen sinkt, ausgenommen eine vereinzelte Steigerung bei den durch das Faltenfilter zurückgehaltenen Substanzen; eine Thatsache, die schon erwähnt ist. Was die innere chemische Verteilung der Fettkörper selbst betrifft, so ist der gröfste Teil derselben im gröberen Schlamm meistens aus Triglyceriden gebildet, es finden sich wenig freie, saure Fette und wenig Seifen. Betrachtet man die Produkte der fortgeschritteneren Zersetzung, so findet man, dafs die Triglyceride sich in freie Säuren spalten und mit Basen verbinden. Auf dem Faltenfilter halten sich diese im Gleichgewicht mit einer Menge, welche ungefähr derjenigen der gebundenen sauren Fette gleich ist; in den gelösten Substanzen haben die Seifen entschieden das Übergewicht.

Tabelle VII.



Der Ätherextrakt der ersten Siebe ist intensiv gefärbt, vom Rotgelb ins Braune; jener der durch das Faltenfilter zurückgehaltenen Substanz ist ziemlich blafs, und die gelösten Substanzen endlich geben einen fast farblosen Ätherextrakt.

Die Tabelle VII zeigt in graphischer Weise die prozentualische Zusammenselzung der Bestandteile der städtischen Abwässer, die Thatsache bestätigend, dafs die durch die Siele zurückgehaltenen Substanzen am reichsten sind an organischen Substanzen im allgemeinen, an Stickstoff und an Fetten.

IV.

Wenn die städtischen Abwässer so beschaffen wären, dafs sie sich in den oben beschriebenen Substanzen ungefähr das Gleichgewicht hielten, so wäre kein Zweifel, dafs ein System mechanischer Klärung, welches den Dienst der Reihe von Sieben, wie ich sie für meine Analysen anwendete, erfüllte, vollständig

Digitized by Google

befriedigen würde, weil, wie wir sahen, die an Stickstoff und Fetten reichsten Substanzen gerade durch sie zurückgehalten werden.

Leider aber hat der Unrat in den Abwässern eine sehr verschiedene Zusammensetzung. Tabelle VIII umfafst die Menge des Abdampfrückstandes, welcher in den einzelnen Proben gefunden wurde; Tabelle IX zeigt die Verteilung des Abdampfrückstandes in den verschiedenen Sieben und X die prozentige Verteilung im Laufe des Tages. Aus ihnen ersehen wir, dafs, wenn man von den regnerischen Tagen, an welchen die Wirkung der Siebe minimal ist, absieht, die Menge des von ihnen zurückgehaltenen Unrates während des Tages in folgender Weise sich verändert:

Pumpstation V.

Sonnenaufgang	(Beobachtung 5 und 12)	8— 9 %	des Gesamtunrates
Mittags	(» 2 » 1a)	10—11 %	» »
Nachmittags	(» 4)	7 %	» »
Abends	(» 8 » 11)	3— 4 %	» »
Nachts	(» 7)	3 %	» »

Pumpstation VII.

Morgens	(Beobachtung 13 a)	3 %	des Gesamtunrates
Abends	(» 15)	4 %	» » .

Es sind gewifs nicht die Werte des Abdampfrückstandes, welche über die mehr oder minder grofse Nützlichkeit der Siebe entscheiden, denn wir haben gesehen, dafs er mehr oder minder reich an organischer Substanz, Fett, Stickstoff etc. sein kann. Aber dennoch ist der enorme Unterschied, welcher im allgemeinen zwischen den zurückgehaltenen Verunreinigungen und denen, welche die Siebe durchlassen (90 %), besteht, schon geeignet, wichtige Fingerzeige zu geben; die Tabellen XI, XII, XIII und XIV rechtfertigen in Bezug auf die organische Substanz, deren Stickstoff, die freien Fette und fetten Säuren obige Anschauung.

Digitized by Google

Tabelle VIII.

Gewicht des pro Cubikmeter Abwasser gefundenen Abdampfrückstandes.

	Ordnungszahl der Untersuchung	Stunden und Tage der Untersuchungen 1	Suspendierte Bestandteile auf den Sieben geblieb. 2	Suspendierte Bestandteile auf dem Filter geblieb. 3	Suspendierte Bestandteile Summa 4	Gelöste Bestandteile 5	Gesamtzahl 6	
			g	g	g	g	g	
Pumpstation V.	5.	5 ½—6 ½ Uhr Vormittag (25. VI. 02) . .	179,17	1151,5	1330,67	724,5	2055,17	
	12.	5 ½—6 ½ Uhr Vormittag (1. VIII. 02) . .	62,53	980,0	1042,53	545,0	1587,53	Regen
	10.	5 ½—6 ½ Uhr Vormittag (26. VII. 02) . .	115,48	287,3	402,78	800,25	1203,03	
	6.	8 ½—9 ½ Uhr Vormittag (27. VI 02) . .	129,45	834,0	963,45	951,0	1914,45	
	2.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (23. V 02)	189,12	466,25	655,37	1074,0	1729,37	
	9.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (24. VII. 02)	44,98	281,0	325,98	1164,0	1489,98	Regen
	1.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (16. V. 02)	164,7	443,5	608,2	818,0	1426,2	
	4.	3—5 Uhr Nachmittag (20 VI. 02)	109,91	588,6	698,51	959,0	1657,51	
	3.	3-5 Uhr Nachmittag (17. VI 02)	13,35	502,0	515,35	688,0	1203,35	Regen
	8.	8 ½—9 ½ Uhr Nachmittag (2. VII 02) .	52,02	763,0	815,02	887,0	1702,02	Regen
	11.	9 — 10 ½ Uhr Nachmittag (29. VII. 02) .	78,75	640,0	718,75	1175,0	1893,75	Regen
	7.	3 — 5 Uhr Vormittag (30. VI. 02) von Sonntag zu Montag	31,42	661,5	692,92	308,5	1001,42	
Pumpstation VII.	13.	6 — 7 ½ Uhr Vormittag (6. VIII. 02) . .	27,64	420,00	447,64	630,00	1077,64	
	14.	3 — 4 ½ Uhr Nachmittag (6 VIII. 02) . .	29,14	130,00	159,14	985,00	1144,14	
	15.	9 — 10 ½ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	47,43	95,00	142,13	980,00	1122,43	

Digitized by Google

Tabelle IX.

Anordnung des Abdampfrückstandes in den verschiedenen Sieben.

	Ordn.-zahl der Unter-such.	Stunden und Tage der Untersuchung	1. Sieb =7 mm	2. Sieb =4 mm	3. Sieb =2 mm	4. Sieb =1 mm	5. Sieb =0,5 mm	Gesamt-zahl	
			g	g	g	g	g	g	
Pumpstation V.	5.	$5\,^1/_2$—$6\,^1/_2$ Uhr Vormittag (25. VI. 02) . .	54,66	12,47	19,49	18,66	73,89	179,17	
	12.	$5\,^1/_2$—$6\,^1/_2$ Uhr Vormittag (1. VIII. 02) . .	15,73	1,46	5,04	8,15	32,15	62,53	
	10.	$5\,^1/_2$—$6\,^1/_2$ Uhr Vormittag (26. VII. 02) . .	27,4	5,04	20,38	16,16	46,5	115,48	
	6.	$8\,^1/_2$—$9\,^1/_2$ Uhr Vormittag (27. VI. 02) . .	60,29	4,68	13,58	9,67	41,23	129,45	
	2.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (23. V. 02)	129,99	2,79	13,75	11,18	31,41	189,12	
	9.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (24. VII. 02)	24,5	1,11	4,23	2,72	12,42	44,98	Regen
	1.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (16. V. 02)	113,0	10,8	10,6	7,2	23,1	164,7	
	4.	3—5 Uhr Nachmittag (20. VI. 02) . . .	62,12	5,34	9,49	7,03	25,93	109,91	
	3.	3—5 Uhr Nachmittag (17. VI. 02) . . .	8,18	—	0,93	0,57	3,67	13,35	Regen
	8.	$8\,^1/_2$—$9\,^1/_2$ Uhr Nachmittag (2. VII. 02) . .	15,35	4,07	9,56	5,59	17,45	52,02	
	11.	9—$10\,^1/_2$ Uhr Nachmittag (29. VII. 02) . .	18,08	3,04	10,27	10,65	36,71	78,75	
	7.	3—5 Uhr Vormittag (30. VI. 02) von Sonntag zu Montag	11,07	2,19	4,22	3,46	10,48	31,42	
Pumpstation VII.	13.	6—$7\,^1/_2$ Uhr Vormittag (6. VIII. 02) . . .	11,34	1,28	3,33	2,88	8,81	27,64	
	14.	3—$4\,^1/_2$ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	15,0	1,0	4,0	2,24	6,9	29,14	
	15.	9—$10\,^1/_2$ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	21,15	3,78	7,5	3,75	11,25	47,43	

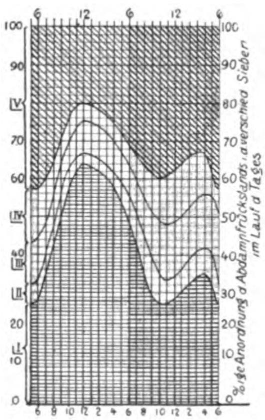
Digitized by Google

Vom ganzen Abdampfrückstand der abgesiebten Substanz werden zurückgehalten im Durchschnitt:

Sieb	1 = 7 mm	43,6 %	Maxim.	68 % (mittags)	Minim.	2,3 %	(abends)
»	2 = 4 »	4 »	»	7 » (morgens)	»	1,5 »	(mittags)
»	3 = 2 »	1,1 »	»	1,7 » »	»	0,6 »	»
»	4 = 1 »	9 »	»	14 » »	»	4 »	»
»	5 = 0,5 »	32 »	»	51 » »	»	14 »	»

Bezüglich der Wirkung der Siebe möchte ich noch folgendes anfügen. Ich habe schon eingangs erwähnt, dafs das von mir untersuchte Wasser das Sieb des Sandfanges von 15 mm Stababstand passiert hat. Es bleibt hier der grobe Unrat also zurück, der dem Sielwasser ein besonders unappetitliches Aussehen gibt, und der beim freien Austritt in Flüssen die hauptsächlichste Quelle der Flufsverunreinigungen darstellt. Die Menge dieser Schwimm- und Schwebestoffe läfst sich für Berlin wohl angeben, da dieser Unrat abgefahren wird und diese Mengen gebucht wurden.

Tabelle X.



Im Jahre 1900 bis 1901 wurden 6446,9 cbm abgefahren. Nach Schreiber[1]) enthalten 100 ccm des Schlammes rund 44,1 Trockensubstanz, 1 l = 141 g und 1 cbm = 141 kg, demnach im ganzen (6446 × 141) = 846000 kg pro Jahr[2]).

Pro Kopf und Tag werden 113 l nach den Rieselfeldern gepumpt bei 1968000 Bewohnern des Kanalgebietes, das wären rund nur 10,4 mg suspendiertes Material für den Liter Kanalflüssigkeit, für den Liter des abgepumpten Wassers berechnet; also eine sehr kleine Zahl.

---

1) a. a. O. S. 306.

2) Eine ähnliche Ziffer ergibt sich aus den Beobachtungen zu Marburg, wo auch durch einen solchen Rechen von 15 mm Stababstand die Schwimmstoffe abgefangen werden.

Dort sollen bei 16000 cbm Sielwasser wöchentlich 1,5—2 cbm Schlamm gewonnen werden. Wenn dieser ähnlich wie der Berliner zusammengesetzt ist, so würden im Mittel 245 kg Trockensubstanz gewonnen oder pro 1 Sielwasser 0,015 g.

Digitized by Google

Nicht viel mehr beträgt der Schlick und Sand, welcher aus den Kanälen selbst ausgehoben und entfernt wird = 7843,7 cbm pro Jahr. Da 100 ccm = 171,2 g, so gibt bei 80% Trockensubstanz nach Schreiber 1 cbm 1370 kg Trockensubstanz[1]). Pro Liter Sielwasser 13,2 mg.

Die mittlere Beschaffenheit des Sielwassers der Pumpstation V durch Addition aller Werte würde nach meinen Analysen pro Liter in Milligramm sein:

	auf den Sieben	auf dem Filter	Summe der Suspend.	Gelöst	Gesamtrückstand
Trockenes Wetter	133	633	764	805	1569
Regen	48	633	683	892	1575
Gesamtmittel	97	633	731	841	1572,

wozu noch 10,4 mg Suspendierte für das Sieb nach dem Sandfang.

Viel ärmer an Schwebestoffen war das Wasser der Pumpstation VII und enthielt im Mittel:

Auf den Sieben	Auf dem Filter	Summe des Suspend.	Gelöst	Gesamtrückstand
35	215	249	865	1114,0.

Es sind hier die gröberen, wie die feinsten Schwebestoffe sehr gering an Menge. Ich habe schon eingangs die besonderen Eigentümlichkeiten beider Radialbezirke erwähnt. Der Industriebezirk liefert weitaus das unreinere Wasser, wohl auch deshalb, weil die hier dicht wohnende Bevölkerung das Wasser weit mehr spart, bezw. stärker ausnützt. Ich glaube aber wohl, dafs die Werte für die Pumpstation V die mittlere Beschaffenheit eines städtischen Abwassers ziemlich zutreffend darstellen werden.

Der Gesamtrückstand ist also unabhängig gewesen von dem Regenfall, aber verschieden in den gelösten Substanzen, die zunehmen und betreffs der gröber suspendierten Massen, die abnehmen, während das feiner Suspendierte gleichbleibt.

Die abgeführten Wasserquantitäten sind selbstredend beim Regen gröfser als bei trockenem Wetter (s. u.), es fällt aber immer

1) = 10,7 Mill. kg im ganzen, d. h. für 81,2 Mill. cbm abgepumptes Sielwasser.

Digitized by Google

auf, dafs die allerersten, der Pumpstation zugeführten Regenwässer gröfsere Mengen grober Fäkalien mit sich bringen.

Was die auf dem Sieb verbleibende Menge anlangt, so würde diese um 10,4 mg zu vermehren sein, als Verlust, der durch das Gitter der Pumpstation herbeigeführt wird.

Die Wirkung der Siebe nach dem Sandfang ist folgende. Auf die Menge des Suspendierten gerechnet, wurden zurückgehalten:

	Pumpstation V	VII
auf dem 7 mm Sieb .	4,8 %[1])	6,3 %
» » 4 » »	5,2 »	7,2 »
» » 2 » »	5,9 »	9,0 »
» » 1 » »	6,8 »	10,3 »
» » 0,5 » »	10,0 » [2])	14,3 »

Das von den Sieben ablaufende Wasser ist trüb, in mäfsiger Schicht undurchsichtig und beginnt alsbald zu sedimentieren.

Die Anwendung von Sieben beseitigt vor allem die groben störenden Beimengungen, hierfür kann man sagen, hat sich ein Abstand der Stäbe von 15 mm praktisch bewährt.

Sie schliefst auch aus, dafs solches Material in den Flufs gelangt, welches beim Weiterschwimmen Anlafs zu ästhetischen Bedenken gibt.

Im Durchschnitte wird es zutreffend sein, dafs dieses grobe, durch die Siebe bis zu 0,5 mm herab zurückgehaltene Material auch das rascher sedimentierende Material darstellt; freilich mufs ich den vollen Beweis hierfür anderen Untersuchungen überlassen.

Im ganzen genommen ist demnach der Effekt der Siebung nicht so bedeutend, als man wohl vielfach meint, und auch mit den feinsten Sieben, welche praktisch kaum verwendbar sind, nicht in Vergleich zu stellen mit dem Erfolg einer gut durchgeführten Sedimentierung. Über das Berliner Kanalwasser

1) Auf dem 4 mm Sieb bleibt auch der Rückstand des 7 mm Siebes u. s. w.

2) Nimmt man den Rückstand des 15 mm Siebes des Sandfangs hinzu, so findet man: 5,14, 5,5, 6,0 u. s. w.

Digitized by Google

sagt Grether: »Die wesentlichste Sedimentierung ist schon nach der vierten Stunde vollendet. Das sedimentierte Wasser ist hinsicht- der Trockensubstanz ungefähr mit dem durch Filtrierpapier filtrierten Wasser identisch[1]). Die in solch trübem Wasser gefundenen Schwebestoffe betragen meist nur wenige Milligramm[2]).

Bock und Schwarz[3]) fassen ihre in Hannover ausgeführten Versuche über Sedimentierung dahin zusammen, dafs in Klärbecken von wenigstens 75 m Länge, welche eine gleichmäfsige Verteilung des Wassers ermöglichen, bei Anwendung von 4 bis 10 mm Geschwindigkeit in 1″ eine Klärung mit 61proz. Ausscheidung der organischen Schwebestoffe zu erreichen ist.

Ähnliche Resultate liefsen sich noch mehrfach aufführen.

Diesen Ergebnissen gegenüber sind die praktischen Erfahrungen, welche man mit der Vorbehandlung des Kanalwassers mit Sieben gemacht hat, in höchstem Mafse auffallend.

C. Fränkel[4]) berichtet über die Wasserreinigung zu Marburg mittels der Rienschen Rechenvorrichtung, wobei durch einen Grobrechen von 15 mm Stababstand allein 40% durch Rechen- und Sandfang, 40—50% der festen Stoffe dem Sielwasser entzogen werden sollen[5]).

Damit stimmen die späteren Betriebsergebnisse des Ingenieurs Maurer nicht, wohl aber gehen sie befriedigend mit unseren Werten überein, wobei mir natürlich ferne liegt, an allen Orten dieselben Zahlen zu erwarten wie hier. Aber eins ist sicher,

1) a. a. O. S. 12.

2) Hübner, Arch. f. Hyg., 1893, XVIII, S. 392.

3) Vierteljahresschr. f. ger. Medizin etc., XXI, Supplem. Bd. S. 300.

4) Vierteljahresschr. f. gerichtl. Medizin etc., 1898, Bd. XVI, Supplem. S. 46. S. ferner das betr. Gutachten von Stutzer-Bonn und Pfeiffer-Jena, Jahrbuch der Landwirtschaftsgesellschaft, Bd. XIII, 1898, S. 390.

5) Wie die Begutachter selbst sagen, habe das Kanalwasser zur Zeit des Versuchs eine ganz abnorme Beschaffenheit gehabt, war sehr arm an Fäkalien und reich an Papier und Küchenabfällen.

Es enthielt im Liter:

Suspendiertes	Gelöstes	Summa
438	438	876

im Vergleich mit dem Berliner Abwasser also aufserordentlich verdünnt, besonders tritt dies in festen Stoffen überhaupt entgegen. Nun scheint freilich in Marburg, wenn es richtig ist, dafs täglich 2300 cbm Abwässer entstehen,

Digitized by Google

dafs die Probeergebnisse kein richtiges Bild der Wirksamkeit der Rechengeräte überhaupt ergeben haben können.

Tabelle X zeigt die wechselseitigen Beziehungen der Siebrückstände zu einander im Laufe des Tages.

Aus den Zahlen der Tabelle XI (S. 150) ist zu folgern, dafs die in den Sieben zurückgehaltene Substanz in folgender Weise wechselt:

Pumpstation V Minimum abends und nachts (8, 11, 7) 7 % des ganzen Glühverlustes,

Pumpstation V Maximum mittags (2, 9, 4) 19 % des ganzen Glühverlustes.

Pumpstation VII Minimum morgens (13a) 4—5 % des ganzen Glühverlustes,

Pumpstation VII Maximum abends (15a) 10 % des ganzen Glühverlustes.

(Siehe Tabelle XII auf S. 151.)

Die gesamte Zusammensetzung des Sielwassers des Radialsystems V ergibt folgendes (Mittel aller Bestimmungen) pro Liter in mg:

	Sieb	Filter	Summe	gelöst	Gesamtes
Trockenrückstand	97	633	731	841	1572
Glühverlust . .	87	506	594	253	838
N	4	16	19	30	45
Fette und Säuren	17	103	120	14	134
Seifen	5	71	76	18	94.

---

diese Menge sehr grofs, zumal erst 7000 Personen völlig ans Sielnetz angeschlossen waren.

Vor dem 15 mm Sieb hatte 1 l 438, nach diesem 269 mg Rückstand und nach dem 1 mm Sieb 218 mg Rückstand.

Daraus würde für das 15 mm Sieb als Gesamtwirkung folgen:

1 l liefert 438 — 269 = 168 mg Trockenrückstand,

1 cbm = 168 g und 16000 cbm (für die Woche), 2688000 g = 2688 kg Trockensubstanz und $\frac{2688}{141}$ = 19 cbm Schlamm.

Viel weniger als in diesem Probeversuch fand Dietrich vor dem Rechen 173,6 mg, nach allen Rechen 111 mg pro l, also 63 mg Abnahme, oder für die Woche 1008 kg Trockensubstanz = 7,0 cbm.

Nach den Betriebsergebnissen, welche der Erbauer der Anstalt, Maurer, mitteilt, liefert der Rechen mit 15 mm Stababstand in der Woche 1,5—2 cbm frische Masse.

Digitized by Google

Radialsystem VII:

Trockenrückstand	35	215	249	865	1114
Glühverlust . .	31	170	201	259	461
N	1	5	7	25	32
Fette und Säuren	6	34	40	13	54
Seifen	2	24	26	18	44.

Die Verteilung zwischen Sieb und Filter ist folgende, in Prozenten des suspendierten Materials ausgedrückt:

	Sieb Radialsystem		Filter Radialsystem	
	V	VII	V	VII
Trockensubstanz	10	(14)	90	(86)
Glühverlust . .	15	(15)	85	(85)
N	20	(20)	80	(80)
Fette und Säuren	14	(15)	86	(85)
Seifen	7	(7)	93	(93).

Das Sieb hält also relativ viel von dem Glühverlust, von Neutralfett, freien Säuren und N zurück, während Asche und Seifen feiner verteilt durch Filtration abgefangen werden.

Die Natur der schwebenden Teilchen ist in beiden Radialsystemen dieselbe, die Verschiedenheit liegt nur in den absoluten Quantitäten pro Liter begründet.

Der Stickstoff der organischen Substanz wechselt also:

Pumpstation V Minimum abends und nachts (8, 11, 7) 3—5 % des Gesamtstickstoffes.

» V Maximum tagsüber (2, 9) 17 % des Gesamtstickst.

Pumpstation VII Minimum morgens (13 a) 3 % des Gesamtstickst.

» VII Maximum abends (15 a) 5 % » »

(Siehe Tabelle XIII auf S. 152.)

Die von den Sieben zurückgehaltenen freien Fettsäuren und Fette variieren:

Pumpstation V Minimum abends und nachts (8, 11, 7) 5—9 % des Gesamtfettgehaltes,

» V Maximum Tag (2, 1) 25 % des Gesamtfettgehaltes

Pumpstation III Minimum morgens (13) 5 % des Gesamtfettgeh.

» III Maximum abends (15) 24 % »

(Siehe Tabelle XIV auf S. 153.)

Digitized by Google

Tabelle XI.

Glühverlust (Organisches) pro Cubikmeter Abwasser.

	Ordnungszahl der Unters.	Stunden und Tage der Untersuchungen	In den suspend. Bestandteilen: auf den Sieben geblieb	In den suspend. Bestandteilen: auf dem Filter geblieb.	In den suspend. Bestandteilen: Summa	In den gelösten Bestandteilen	Gesammtzahl	
			g	g	g	g	g	
Pumpstation V.	5.	$5^{1}/_{2}$—$6^{1}/_{2}$ Uhr Vormittag (25. VI. 02) . .	161,27	921,2	1082,47	217,2	1299,67	
	12.	$5^{1}/_{2}$—$6^{1}/_{2}$ Uhr Vormittag (1. VIII. 02) . .	55,97	784,00	839,97	163,5	1003,47	Regen
	10.	$5^{1}/_{2}$—$6^{1}/_{2}$ Uhr Vormittag (26. VII. 02) . .	102,47	229,84	332,31	240,08	572,39	
	6.	$8^{1}/_{2}$—$9^{1}/_{2}$ Uhr Vormittag (27. VI. 02) . .	116,07	667,2	783,27	285,3	1068,57	
	2.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (23. V. 02)	169,12	373,00	542,12	332,20	864,32	
	9.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (24. VII. 02)	40,38	224,8	265,18	349,2	614,38	Regen
	1.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (16. V. 02)	148,64	354,8	503,44	245,4	748,84	
	4.	3—5 Uhr Nachmittag (20. VI. 02) . . .	98,91	470,88	569,79	287,7	857,49	
	3.	3—5 Uhr Nachmittag (17. VI. 02) . . .	11,96	401,60	413,56	206,4	619,96	Regen
	8.	$8^{1}/_{2}$—$9^{1}/_{2}$ Uhr Nachmittag (2. VII. 02) . .	45,90	610,40	656,30	266,10	922,40	Regen
	11.	9—$10^{1}/_{2}$ Uhr Nachmittag (29. VII. 02) . .	70,63	512,00	582,63	352,5	935,13	Regen
	7.	3—5 Uhr Vormittag (30. VI. 02)	28,31	529,2	557,51	92,55	650,06	
Pumpstation VII.	13.	6—$7^{1}/_{2}$ Uhr Vormittag (6. VIII. 02) . . .	24,70	331,80	356,50	189,00	545,50	
	14.	3—$4^{1}/_{2}$ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	26,25	102,70	128,95	295,50	424,45	
	15.	9—$10^{1}/_{2}$ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	42,89	76,05	118,94	294,00	412,94	

Digitized by Google

Tabelle XII.

Stickstoffgehalt pro Cubikmeter Abwasser.

	Ordnungszahl der Unters.	Stunden und Tage der Untersuchungen	In den suspend. Bestandteilen auf den Sieben geblieb.	In den suspend. Bestandteilen auf dem Filter geblieb.	In den suspend. Bestandteilen Summa	In den gelösten Bestandteilen	Gesamtzahl	
			g	g	g	g	g	
Pumpstation V.	5.	5 1/2—6 1/2 Uhr Vormittag (25. VI. 02)	6,66	29,02	35,68	21,34	57,02	
	12.	5 1/2—6 1/2 Uhr Vormittag (1. VIII. 02)	2,18	24,7	26,88	15,81	42,69	Regen
	10.	5 1/2—6 1/2 Uhr Vormittag (26. VII. 02)	4,13	7,24	11,37	23,21	34,58	
	6.	8 1/2—9 1/2 Uhr Vormittag (27. VI. 02)	5,09	21,02	26,11	28,01	54,12	
	2.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (23. V. 02)	10,16	11,75	21,91	31,63	53,54	
	9.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (24. VII. 02)	1,86	7,08	8,94	33,76	42,70	Regen
	1.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (16. V. 02)	7,07	10,73	17,80	24,09	41,89	
	4.	3—5 Uhr Nachmittag (20. VI. 02)	4,53	14,83	19,36	28,25	47,61	
	3.	3—5 Uhr Nachmittag (17. VI. 02)	0,36	12,65	13,01	20,26	33,27	Regen
	8.	8 1/2—9 1/2 Uhr Nachmittag (2. VII. 02)	1,43	19,23	20,66	26,12	46,78	Regen
	11.	9—10 1/2 Uhr Nachmittag (29. VII. 02)	2,84	16,13	18,97	34,08	53,05	Regen
	7.	3—5 Uhr Vormittag (30. VI. 02)	0,36	12,65	13,01	20,26	33,27	
Pumpstation VII.	13.	6—7 1/2 Vormittag (6. VIII. 02)	1,05	10,50	11,55	18,27	29,82	
	14.	3—4 1/2 Uhr Nachmittag (6. VIII. 02)	1,17	3,25	4,42	28,57	32,99	
	15.	9—10 1/2 Uhr Nachmittag (6. VIII. 02)	1,84	2,38	4,22	28,42	32,64	

Digitized by Google

Tabelle XIII.

Gewicht der freien, mit Äther extrahierten Substanzen pro Cubikcentimeter Abwasser.

	Ordnungszahl der Unters.	Stunden und Tage der Untersuchungen	In den suspend. Bestandteilen: auf den Sieben geblieb.	In den suspend. Bestandteilen: auf dem Filter geblieb.	In den suspend. Bestandteilen: Summa	In den gelösten Bestandteilen	Gesamtzahl	
			g	g	g	g	g	
Pumpstation V.	5.	$5\frac{1}{2}$—$6\frac{1}{2}$ Uhr Vormittag (25. VI. 02) . .	31,43	188,85	220,28	11,59	231,87	
	12.	$5\frac{1}{2}$—$6\frac{1}{2}$ Uhr Vormittag (1. VIII. 02) . .	11,06	154,72	165,78	8,72	174,50	Regen
	10.	$5\frac{1}{2}$—$6\frac{1}{2}$ Uhr Vormittag (26. VII. 02) . .	21,61	47,12	68,73	12,80	81,53	
	6.	$8\frac{1}{2}$—$9\frac{1}{2}$ Uhr Vormittag (27. VI. 02) . .	22,32	136,78	159,10	15,22	174,32	
	2.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (23. V. 02)	31,01	76,47	107,48	17,18	124,66	
	9.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (24. VII. 02)	7,58	46,08	53,66	18,62	72,28	Regen
	1.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (16. V. 02)	27,36	72,73	100,09	13,09	113,18	
	4.	3—5 Uhr Nachmittag (20. VI. 02) . . .	18,65	96,53	115,18	15,34	130,52	
	3.	3—5 Uhr Nachmittag (17. VI. 02) . . .	2,16	82,33	84,49	11,01	95,50	Regen
	8.	$8\frac{1}{2}$—$9\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittag (2. VII. 02) . .	9,72	125,13	134,85	14,19	149,04	Regen
	11.	9—$10\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittag (29. VII. 02) . .	14,39	104,96	119,35	18,80	138,15	Regen
	7.	3—5 Uhr Vormittag (30 VI. 02)	5,72	108,49	114,21	4,94	119,15	
Pumpstation VII.	13.	6—$7\frac{1}{2}$ Uhr Vormittag (6 VIII. 02) . . .	4,91	68,88	73,79	10,08	83,87	
	14.	3—$4\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	5,08	21,32	26,40	15,76	42,16	
	15.	9—$10\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	8,58	11,38	19,96	15,68	35,64	

Digitized by Google

Tabelle XIV.

Gewicht der mit Basen gebundenen, von Äther extrahierten Substanzen pro Cubikmeter Abwasser.

	Ordnungszahl der Unters.	Stunden und Tage der Untersuchungen	In den suspend. Bestandteilen: auf den Sieben geblieb.	In den suspend. Bestandteilen: auf dem Filter geblieb.	In den suspend. Bestandteilen: Summa	In den gelösten Bestandteilen	Gesamtzahl	
			g	g	g	g	g	
Pumpstation V.	5.	5 ½—6 ½ Uhr Vormittag (25. VI. 02) . .	9,60	128,92	138,52	15,21	153,73	
	12.	5 ½—6 ½ Uhr Vormittag (1. VIII. 02) . .	3,34	109,76	113,10	11,45	124,55	Regen.
	10.	5 ½—6 ½ Uhr Vormittag (26. VII. 02) . .	6,20	32,18	38,38	16,81	55,19	
	6.	8 ½—9 ½ Uhr Vormittag (27. VI. 02) . .	6,93	93,41	100,34	19,97	120,31	
	2.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (23. V. 02)	10,07	52,22	62,29	22,55	84,84	
	9.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (24. VII. 02)	2,40	31,47	33,87	24,44	58,31	Regen.
	1.	10 Uhr Vorm. bis 1 Uhr Nachm. (16. V. 02)	8,78	49,67	58,45	17,18	75,63	
	4.	3—5 Uhr Nachmittag (20. VI. 02) . . .	5,86	65,92	71,78	20,14	91,92	
	3.	3—5 Uhr Nachmittag (17. VI. 02) . .	0,70	56,22	56,92	14,45	71,37	Regen.
	8.	8 ½—9 ½ Uhr Nachmittag (2. VII. 02) .	2,78	85,46	88,24	18,63	106,87	Regen.
	11.	9—10 ½ Uhr Nachmittag (29. VII. 02) . .	4,23	71,68	75,91	24,68	100,59	Regen.
	7.	3—5 Uhr Vormittag (30. VI. 02)	1,69	74,09	75,78	6,48	82,26	
Pumpstation VII.	13.	6—7 ½ Uhr Vormittag (6. VIII. 02) . .	1,48	47,04	48,52	13,23	61,25	
	14.	3—4 ½ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	1,57	14,56	16,13	20,69	36,82	
	15.	9—10 ½ Uhr Nachmittag (6. VIII. 02) . .	2,55	10,64	13,19	20,58	33,77	

Digitized by Google

Die von den Sieben zurückgehaltenen Seifen schwanken also zwischen:

Pumpstation V Minimum abends und nachts (8, 11, 7) 2—3% des Gesamtseifengehalts,

Pumpstation V Maximum tagsüber (2 und 9) 11% des Gesamtseifengehaltes,

---

Pumpstation VII Minimum morgens (13) 25% des Gesamtseifengehaltes,

Pumpstation VII Maximum abends (15) 7% des Gesamtseifengehaltes.

Was die von anderen Autoren für die Kanalwässer angegebene Zusammensetzung anlangt, so sind derartige Vergleiche insofern mifslich, als die Art der Probeentnahme und der Zeiten sehr verschieden gewesen sind. Im grofsen und ganzen nähern sich die Mittelzahlen der gröfseren Reihen meinen Werten. So sind nach Königs Zusammenstellungen enthalten:

		Schwebestoffe	Gelöste Stoffe	Gesamtzahl
Mittelzahl d. Unratsgehaltes des Kanalwassers, aus verschiedenen deutschen und ausländischen Städten hergestellt	in Kanalisationen mit Einschlufs d. menschlichen Auswurfstoffe .	717 g	1162 g	1879 g
	in Kanalisationen ohne menschliche Auswurfstoffe	610 »	975 »	1585 »

Diese Zahlen stimmen, wie man sieht, mit den meinen überein. Bei näherer Betrachtung ergibt sich noch eine weitere Übereinstimmung mit anderen Analysen desselben Berliner Kanalwassers[1]).

---

1) König, Die Verunreinigung der Gewässer, II. Auflage, II. Band, Berlin, Springer, 1899, S. 9.

Baumeister, Städtisches Strafsenwesen und Strafsenreinigung, 1890, S. 236. Arbeiten d. deutschen Landwirtschaftgesellschaft, II, S. 223.

E. Salkowsky, Wochenschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1883, S. 261. Rubner, Lehrbuch der Hygiene, S. 239.

G. Grether, Betrachtungen z. Frage der Abwässerreinigung, Inaugural-Dissertation, S. 8—12. München, Oldenbourg, 1896.

F. W. Büsing, Die Städtereinigung, I, 1897, S. 165.

Digitized by Google

Tabelle XV.

	1 cbm Berliner Kanalwasser enthielt	Schwebestoffe	Gelöste Stoffe	Gesamtrückstand
1	nach einem Durchschnitt von 30 Analysen 1889—92	1085 g	1088 g	2173 g
2	nach Baumeisters Jahresdurchschnitt	670 »	755 »	1425 »
3	nach Salkowskys Untersuchungen	536 »	850 »	1386 »
4	nach Grether . . . . . 1. Reihe	—	—	1800 »
		—	—	1980 »
		—	—	1990 »
	nach Grether . . . . . 2. Reihe	504 »	1094 »	1598 »
		445 »	1155 »	1600 »
5	nach Büsing	1056 »	1190 »	2246 »
	Mittelzahlen	727 g	1037 g	1764 g

In betreff der organischen Substanz sind die mit den oben angegebenen korrespondierenden Mittelzahlen Königs:

	Schwebestoffe	Gelöste Stoffe	Gesamtmenge
1. In Kanalisation mit Einschlufs der menschlichen Auswurfstoffe	445,7 g	364,7 g	810,4 g
2. In Kanalisation ohne menschliche Auswurfstoffe	345,8 »	313,1 »	658,1 »

Die schon oben citierten Analysen des Berliner Kanalwassers geben die folgenden Mengen organischer Substanz an:

Tabelle XVI.

	Schwebestoffe	Gelöste Stoffe	Gesamtmenge
1.	701,9 g	313,2 g	1015,1 g
2.	453,0 »	249,0 »	702,0 »
3.	326,5 »	292,1 »	618,6 »
4.	—	—	—
5.	733,0 »	344,0 »	1077 »
Mittelzahlen	549,8 g	303,2 g	853 g

Für den N können nur die Werte ohne Berücksichtigung des Ammoniaks herangezogen werden[1]). Ob immer nach gleicher

1) Aus den Analysen, welche König für die Abwässer von Halle und Frankfurt a. M. feststellt (in obiger Tabelle inbegriffen), ergibt sich für Halle

Digitized by Google

Methode bei der Bestimmung verfahren worden ist, läfst sich schwer sagen. In solchen Fällen, in denen der Gesamtstickstoff incl. Ammoniak angegeben werden soll, kann auf einen Zusatz von Oxalsäure beim Abdampfen nicht verzichtet werden[1]). Ich mufste aus anderen Gründen auf die Weiterführung der Untersuchung nach dieser Richtung verzichten.

V.

Wenn man versucht, aus den Analysen des Berliner Kanalwassers, welche die Tabellen VIII—XIV angeben, den Verlauf der Verunreinigung desselben nach den verschiedenen Stunden des Tages zu verfolgen, so ergeben sich dabei Thatsachen, die nicht ganz ohne Interesse sind.

Vor allem, abgesehen von der Regenwirkung, erkennt man zwei für die beiden Pumpstationen verschiedene Typen der Schwankung der Verunreinigung selbst.

In Zone V ist die pro cbm Abwasser gefundene Menge Unrats am gröfsten in den Morgenstunden (Beobachtung 5, 6, 12), nimmt dann schnell, ungefähr bis gegen Mittag und die ersten Nachmittagsstunden, ab, dann steigt sie nach und nach wieder an bis gegen die Abenddämmerung (Beobachtung 8 und 11) und fällt wieder auf das Minimum in den späten Nachtstunden. Um alles zusammenzufassen, sind es zwei Höhepunkte, welche den beiden Dämmerungszeiten entsprechen, und zwei Tiefstandspunkte in den Mittags- und Nachtstunden. In Zone VII dagegen wechselt die Verunreinigung nicht so auffallend, und ihr Verlauf kann durch eine konvexe Kurve ausgedrückt werden; die tiefen Aufsenpunkte entsprechen dem Morgen und Abend, der höchste Punkt dem Nachmittag.

Prausnitz[1]) fand bei seinen Untersuchungen des Münchener Kanalwassers im Gegenteil ein Anwachsen des ganzen Unrates

ein Prozentsatz von 0,029 Stickstoff pro g der trockenen Substanz (0,026 in anderen von Büsing, I, 1,328 citierten Analysen) und für Frankfurt a. M. 0,026. Der mittlere Prozentsatz an Stickstoff, nach den von mir gemachten Analysen, beträgt mit grofser Gleichmäfsigkeit 0,027—0,028 pro g des Abdampfrückstandes.

1) S. Rubner, Archiv f. Hyg., Bd. XLVI, S. 1 u. ff.

2) Prausnitz, »Der Einflufs des Münchner Kanalwassers auf die Isar, S. 28—29, Kurventafel.«

Digitized by Google

des Morgens bis zum Mittag, eine Abnahme in den ersten Nachmittagsstunden und eine erneute Steigerung desselben gegen Abend und endlich nachts das Minimum: er schreibt diese Veränderungen der herrschenden Zeiteinteilung im Leben der Bevölkerung zu: morgendliche Arbeit, Mittagsruhe, Wiederaufnahme der Arbeit nachmittags und die nächtliche Hauptruhe. Ich erwähne noch Grandeau, welcher in Roubaire ein Maximum der Verunreinigung um 5 Uhr morgens fand, welches dann im Laufe des Tages fortwährend abnahm[1]).

Es ist klar, dafs solche tiefgreifende Unterschiede in der gefundenen, gröfseren oder kleineren Menge von Abfällen im Laufe des Tages zwischen verschiedenen Städten oder Quartieren derselben Stadt sich nur erklären lassen nach genauem Studium der speziellen Lebensbedingungen der Einwohner und der effektiven Menge von Abwasser, welches sie produzieren.

Bei der Kanalisation von Berlin ist es aufserordentlich schwer, die absolute Menge des Wassers zu bestimmen, welches zu bestimmten Stunden des Tages in die Brunnen hineinfliefst.

Der Verwaltungsbericht veröffentlicht jährlich, wieviel Wasser im Laufe des Jahres fortgepumpt wurde, die verschiedenen Mengen, welche monatlich gepumpt wurden, und endlich den täglichen Durchschnitt pro Kopf und Tag. Die Karten der Pumpstation sind so angelegt, dafs man aus ihnen von Tag zu Tag, von Stunde zu Stunde, die von den Pumpen gehobene Wassermenge erkennen kann, sowie auch die Schwankungen des Wasserspiegels im Centralbassin; Veränderungen, welche natürlich durch die gleichzeitige und entgegengesetzte Thätigkeit des Wasserzuflusses und des Einsaugens durch die Pumpen bestimmt werden.

Aber wenn wir auch, um die Beziehung zwischen den pro cbm Abwasser in den Analysen gefundenen Verunreinigungen und der absoluten Menge des Abwassers selbst zu erkennen, nicht in der Lage sind, den Ziffern der Analysen die Ziffer der entsprechenden Kubikmeter Abwasser entgegenzustellen, so haben wir dennoch in den Veränderungen des Wasserniveaus im Central-

1) Grandeau, Journal d'Agr. prat., 1878, S. 584.

Digitized by Google

bassin einen wertvollen Hinweis auf die Beziehung, in welcher die zuströmende Menge Abwassers im Augenblick der Probenentnahme zur Gesamtmenge des zuströmenden Abwassers im Verlaufe des Tages steht.

In der That ist der Pumpenbetrieb so eingerichtet, dafs dem geringen Zuflufs von Abwasser gleichzeitig eine geringe Arbeitsleistuug der Pumpen entspricht; wächst der Zuflufs, steigt auch ihre Thätigkeit, und wenn er am stärksten ist, so leisten die Pumpen die gröfste Arbeit des ganzen Tages. Analog auch bei

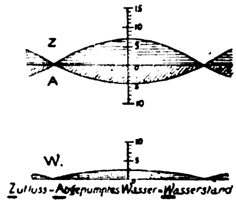


Fig. 1.

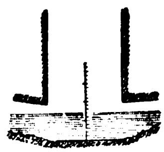


Fig. 2.

der Abnahme; das Wasserniveau im Brunnen gibt genau den Unterschied zwischen der zugeflossenen Menge Wassers und der durch die Pumpen entfernten an; dieser Unterschied ist klein bei geringem Zuflufs und geringem Pumpen, sehr grofs bei starkem Zuflufs und starkem Pumpen; die Figur 1 gibt theoretisch die Beziehungen wieder.

Das Einzige ist noch zu bemerken, dafs man diesen Wasserstand nicht als direktes Mittel zur Untersuchung der entsprechenden absoluten Menge auffassen darf, weil der Brunnen, in offenem System gebaut, in Verbindung mit dem ganzen Netz von Kanälen ist, welch' letztere von verschiedenem Durchmesser und in verschiedener Höhe angebracht sind (siehe Figur 2); er ist also nur als ungefährer Anzeiger des Zuflusses des Wassers in den verschiedenen Stunden des Tages anzusehen.

Zum Zweck der Untersuchung der bestehenden Beziehung zwischen den verschiedenen Verunreinigungen des Kanalwassers und seinem verschiedenen Zuflusse erhielt ich in liebenswürdiger Weise von der Direktion der Kanalisationswerke die auf den Wasserstand des Bassins bezüglichen Aufschreibungen aus der Zeit, in welcher die Proben entnommen wurden. Diese Angaben

Digitized by Google

sind gesammelt in den Tab. XX—XXIII am Ende dieser Arbeit. Entsprechend der Betriebsanordnung wird die Höhe des Wasserspiegels des Abwassers auf bestimmter Höhe gehalten; die horizontale Linie auf Tab. XXII, XXIII mit 31,0 und auf Tab. XX, XXI mit 30,5 gibt nur schätzungsweise die Höhe der Sohle des betreffenden Bassins nach dem Amsterdamer Pegel an. (30,97 für Pumpstation V, 30,19 für Pumpstation VII)[1]. Die Tab. XX, XXII geben die Veränderung des Wasserspiegels in den Tagesstunden, in welcher die Proben entnommen wurden, aber auch in einigen vorhergegangenen Stunden der betreffenden Tage, zum Zweck der Darlegung des normalen und durch Zuströmen von Abwasser veränderten Laufes; die Tab. XXI, XXIII hingegen umfassen die Wasserstandsmessungen in denselben Stunden, in welchen die Proben genommen wurden, im Verhältnis zu der Menge Unrats, welche im Kubikmeter Abwasser gefunden wurde (Gesamtmenge des Unrats, gelöste Substanzen, schwebende Substanz im allgemeinen und durch Siebe zurückgehaltene Substanz). Es zeigt sich sofort, daſs die Analysen bei ungemein wechselndem Wasserstand im Bassin gemacht wurden. Sieht man jetzt von den durch Regengüsse verursachten Bewegungen des Wasserspiegels ab, so kann man einen typischen Verlauf der Veränderungen des Zuflusses des Abwassers im Laufe des Tages erkennen: in Zone V beobachtet man einen geringen Zufluſs bei Tagesanbruch, dann ein sehr rasches Ansteigen zum Maximum des Mittags, dann eine etwas plötzliche Abnahme, welche sachte während des ganzen Nachmittags andauert, dann während der Nacht und in den Morgenstunden immer rapider wird. Wir können in diesem Verlauf also eine groſse Ähnlichkeit mit dem von Prausnitz für das Münchner Kanalwasser beschriebenen erkennen und wir können ihn mit der von Prausnitz gemachten Auslegung erklären, der geringe Zufluſs in den Morgenstunden wird verursacht durch den verminderten Wasserverbrauch der Bevölkerung, bei Tagesanbruch erwacht das Leben, eine ungeheuere Menge Wassers wird zu den körperlichen Reinigungen

1) Mitteilung der Direktion.

Digitized by Google

sowohl, als für die Wohnungen gebraucht, die Springbrunnen werden in Thätigkeit gesetzt, der Betrieb der Maschinen, der Gasmotoren in Fabriken (charakteristisch für Zone V) kommt in Bewegung, der Betrieb des Schlachthofes beginnt, Ströme von Wasser gelangen in die Kanäle und der Wasserspiegel steigt rasch an. Mittags tritt die Mittagsruhe ein und der Zuflufs nimmt ab, steigt wieder gegen 3 und 4 Uhr nachmittags durch die Wiederaufnahme der Arbeit und der Reinigung der Centralmarkthalle; neigt sich der Abend, so hört die öffentliche und private Thätigkeit nach und nach auf, das Niveau des Abwassers fällt zum Minimum, um erst bei Tagesgrauen sich wieder zu erhöhen.

Dieser Verlauf stimmt mit dem von Büsing für Pumpstation V und für das Londoner Kanalwasser angegebenen überein. Wenn wir nun den Zuflufs des Abwassers in Zone V mit der Verunreinigung desselben vergleichen, so finden wir die interessante Thatsache, dafs nur während der Nacht, wenn das städtische Leben und Treiben ruht und der Zuflufs ohnehin gering ist, derselbe abnimmt parallel der Abnahme der Verunreinigung; bei Tag hingegen, während das Leben pulsiert und die Arbeit im vollsten Gange ist, stehen Verunreinigungen und Menge des Abwassers in gerade entgegengesetztem Verhältnis zu einander. Diese merkwürdige Veränderung des Verhältnisses ist genau in folgender Tabelle ausgedrückt.

Tabelle XVII.

	Stunden	Abwasserzuflufs	Unratgehalt pro cbm Abwasser
Während der Arbeitszeit der Stadt	6 h Früh	Minimum	Maximum
	von 6 h bis mittags	steigt	sinkt
	mittags	Maximum	Minimum
	nachmittags	sinkt	steigt
	abends	niedrig	hoch
Während der Ruhezeit der Stadt	von Mitternacht bis 4 h	sinkt	sinkt
	4 h Früh	Minimum	Minimum

Digitized by Google

Als Erklärung dieser Verhältnisse kann man sicher nicht annehmen, dafs die Stadt bei Tage wirklich weniger Abfälle produziere als am Abend und am Morgen, besonders wenn man das lebhafte, häusliche und geschäftliche Treiben in dieser Gegend bedenkt, sondern man mufs an eine Verdünnung der Abfälle selbst denken.

Die Menge von Abfällen, welche diese arbeiterreiche Zone produziert, des frühen Morgens (Fäkalien, häusliche Abfälle, Marktabfälle) die hier in dieser Zone, da sie die Zentralmarkthalle inbegreift, schon im frühen Morgen eine grofse Rolle spielen, überladen die relativ spärlich aufgewendete Wassermenge mit Verunreinigungen; sobald jedoch der Tag anbricht, so werden, wenn auch die Abfälle selbst noch zunehmen, sie doch noch übertroffen von den enormen Wassermengen, welche die Industrie verbraucht, dem Ablauf der Springbrunnen, den Kühl- und Kondensationswässern der Fabriken, welche nur leicht verunreinigt in die Kanäle gelangen, und nun stark das schmutzige Wasser aus Küchen, Wäschereien und Geschäften verdünnen. Wenn hiergegen nachmittags und abends das Zuströmen des klaren Wassers, der Maschinen, Kühlräume, Springbrunnen etc. aufhört, so erhält das Hauswasser wieder das Übergewicht, und damit nimmt die Verunreinigung wieder zu, nur in tiefster Nacht verursacht die allgemeine Ruhe eine schnelle Abnahme sowohl des Abwassers als auch seiner Verunreinigung.

Die Gegenprobe für das oben Gesagte gibt uns Zone VII von Berlin. Hier fehlt, wie schon gesagt, die Industrie, und nur wenig Kühlwasser wird zugeführt, der maschinelle Betrieb ist gleich null, der gröfste Teil des Abwassers kommt aus den Häusern, sein Zuströmen beginnt in den Morgenstunden zu wachsen, erreicht schnell eine grofse Stärke und erhält sich konstant bis 3 Uhr nachmittags, dann fällt es rasch während des Abends und für die ganze Nacht.

Die Verunreinigung wächst, wie wir sehen, nur entsprechend der morgendlichen häuslichen Reinigung und der Küchenarbeit, wenn die Arbeiten für den Mittagstisch beendet sind, nimmt sie ab.

Digitized by Google

Das Kanalwasser der Pumpstation V ist der Typus des Abwassers einer Fabriks- und Arbeiterbevölkerung, das der Pumpstation VII hingegen ist charakteristisch für eine bürgerliche Bevölkerung, deren Leben sich im Hause abspielt. Die Direktoren der beiden Pumpstationen geben an, daſs in Zone V die Veränderungen in Bezug auf Quantität und Verunreinigung des Abwassers, gröſstenteils durch die Bewegung der Industrie, Stundeneinteilung der Fabriken, Märkte, Schlächtereien etc. bestimmt werden, in Zone VII wird das Abwasser durch das Familienleben, häusliche Gewohnheiten im allgemeinen, der Zeit der Ferien und des Landaufenthaltes, in welcher viele Familien verreisen, beeinfluſst.

Was die Einwirkung des Regens auf die Verunreinigung des Kanalwassers betrifft, so ist zu bemerken, daſs die Zunahme des letzteren durch das atmosphärische Wasser, nicht immer eine entsprechende Verminderung der Verunreinigung hervorruft. Dem ersten verstärkten Zufluſs von Abwasser entspricht immer auch eine gröſsere Verunreinigung, der Regen wäscht die Straſsen, die Höfe, die Gärten und kommt ziemlich schmutzig in die Kanäle, nur nach Stunden andauerndem Regens wird das Abwasser klar, und die Unreinheit nimmt ab, so daſs sie im allgemeinen noch gering bleibt während einiger Stunden nach dem Regen (Beob. 3. 8. 9. 11. 12.).

Die durch spärlichen Regen oder zu Beginn der Regenzeit hervorgerufene Zunahme der Verunreinigung ist durch Abschwemmung staubähnlicher Substanzen hervorgerufen, zum Teil löslich, zum Teil durch das Papierfilter auffangbar; die gröberen Substanzen, welche durch die Siebe zurückgehalten werden, treten im Verhältnis zu den obengenannten feineren Substanzen zurück; sie fallen bis auf 3, 2 und sogar 1% der gesamten Trockensubstanz. (Beob, 3. 8. 12.)

Wenn wir jetzt untersuchen, in welchem Zusammenhang die verschiedenen Bestandteile des Unrats mit dem Tageslauf und dem Zufluſs der Abwässer stehen, so stoſsen wir auf eine bemerkenswerte Thatsache.

Digitized by Google

Vor allem ist, was die gegenseitigen Beziehungen zwischen den beiden grofsen Gruppen, gelöste und schwebende Substanzen betrifft, in allen diesen Punkt erörternden Arbeiten angegeben worden, dafs die gelösten Substanzen ein entschiedenes Übergewicht über die schwebenden Substanzen haben; wichtige Beispiele dafür sind die Durchschnittszahlen von König, Baumeister, die von Fischer über das Kanalwasser von Breslau, von Cramer über das von Heidelberg, über das Abwasser von Stuttgart, Potsdam etc.[1])

Nur einige vereinzelte Fälle in der Litteratur widersprechen sich, nach welchen die schwebenden Substanzen vorherrschen sollen; ich erinnere an die Beobachtungen von Feichtinger über den gröfseren Reichtum an Schwebesubstanzen im Münchener Abwasser während der Nacht[2]), an die Analysen der Spüljauche von Frankfurt, der Arbeiterkolonie Kronenberg bei Essen, von Braunschweig und Paris.[3]) Aber die Erklärung für die am Münchener Kanalwasser gemachten Beobachtungen wurden schon von Pettenkofer gegeben, welcher feststellte, dafs zu der Zeit, als diese Analysen gemacht wurden, der Brauch oder vielmehr Mifsbrauch herrschte, im Schutze der Nacht den Inhalt der Sinkgruben direkt in die Kanäle zu entleeren, weil es damals noch nicht erlaubt war, die Fäkalien in die Kanalisation einzuleiten, und die übrigen genannten Analysen sind zum Teil widerlegt, durch andere mit den gleichen Abwässern angestellte, (für Frankfurt a. M. lese man die Beobachtungen Baumeisters), zum Teil sind es auch nur die Resultate kleinerer Untersuchungen (Arbeiterkolonie Kronenberg 2 Analysen, Braunschweig 1 Analyse); im allgemeinen ist auch nie angegeben, nach welcher Methode, um welche Zeit etc.

---

1) Haefcke, »Städtische und Fabrikabwasser«, S. 127, 124, 128, 139. Büsing, I. S. 165. Wolff in Eulenburgs Vierteljahresbericht n. F. 39. Nr. 1 u. 2.

2) Das Kanal- oder Sielsystem in München. Gutachten abgegeben von der durch den Magistrat gewählten Kommission. Prof. Feichtinger, Frank, von Pettenkofer, Ranke. München, 1869, S. 64.

3) Haefcke u. König, II, S. 9.

Digitized by Google

die Wasserentnahme stattgefunden und ihre Analysen gemacht wurden.

Was das Kanalwasser von Berlin betrifft, so kann man aus Tabelle XV Seite 155 ersehen, dafs alle Angaben in dem ständigen Überwiegen der gelösten Substanzen übereinstimmen.

In Wirklichkeit ist das aber nicht zu jeder Zeit der Fall, aus Tabelle VIII sehen wir, dafs des Nachts die Schwebesubstanzen entschieden überwiegen, je mehr es gegen Morgen geht, sie gleichen sich aus gegen 8—$^1/_2$9 Uhr früh, dann bekommen die gelösten Substanzen das Übergewicht, um es während des Tages festzuhalten, dann beginnen sie aufs neue sich auszugleichen, und während der Nacht treten wieder die schwebenden Substanzen in den Vordergrund. Aus Tab. XVIII und XIX ersieht man, wie das Diagramm der Schwebesubstanzen genau dem Diagramm des Gesamtinhaltes des Unrates folgt, d. h. bei Tag diametral entgegengesetzt dem Verlauf des Zuflusses des Abwassers, bei Nacht parallel der Abnahme des letzteren.

(Siehe Tabelle XVIII u. XIX auf S. 165.)

Die gelösten Stoffe hingegen, wenn auch während des ganzen Tages den schwebenden überlegen, haben einen entgegengesetzten Verlauf, ausgenommen kleine Verschiebungen in der Zeit, verfolgen sie eine Linie, welche analog der Zuflufslinie des Abwassers ist, niedrig des Morgens, aufsteigend in den Vormittagsstunden, ziemlich konstant des Nachmittags und gegen Abend abfallend.

Die Schwebesubstanzen insgesamt, in prozentualischem Verhältnis zur Gesamtmenge des Unrates berechnet, betragen:

nachts	3—5 Uhr morgens	69 %	des Gesamtunrates
morgens	5—6 » »	66—64 %	» »
mittags	Minimum	37 %	» »

In Zone III ist das Verhältnis zwischen schwebender und gelöster Substanz analog, in Wirklichkeit sind die gelösten immer überwiegend, dennoch ist der Unterschied am kleinsten des Morgens (kleinster Abwasserzuflufs) und am gröfsten zwischen Mittag und Abend (gröfster Abwasserzuflufs).

Digitized by Google

Was die Erklärung dieses Phänomens betrifft, so wäre es leicht, für das Verhalten der schwebenden Stoffe die Verdünnung anzunehmen, die wir schon bei dem Gesamtunrat anerkannt haben, warum aber, obwohl die gelösten Stoffe einen unab-

Tabelle XVIII.

Umgekehrtes Verhältnis zwischen dem Abwasserzuflufs und dem Gehalt an Unrat pro cbm Abwasser.
Direktes Verhältnis zwischen dem Abwasserzuflufs und der Konzentration der gelösten Stoffe pro cbm Abwasser.

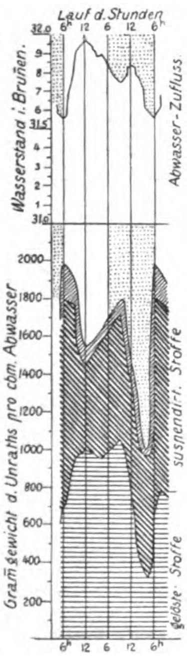
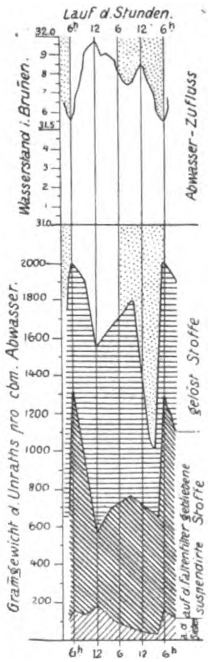


Tabelle XIX.

Umgekehrtes Verhältnis zwischen dem Abwasserzuflufs und dem Gehalt an gesamtem Unrat und an suspendierten Stoffen pro cbm Abwasser.



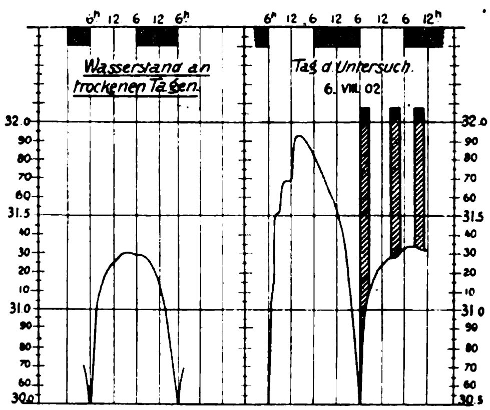
hängigen, sogar diesem Faktor entgegengesetzten Weg haben, die Lösung immer konzentrierter wird, obwohl die Flüssigkeit zunimmt, ist für mich schwer zu erklären. Vielleicht hat der Urin, der tagsüber in gröfseren Mengen ausgeschieden wird, darauf einen starken Einflufs, vielleicht wächst mit dem anschwellenden Strome des Abwassers, indem er seine Geschwindigkeit vermehrt, auch die Kraft, die von ihm mitgeführten Abfälle loszutrennen und aufzulösen.

Digitized by Google

Die Mengen der gröberen, in den Sieben aufgehaltenen Stoffe, zeigen eine ganz spezielle Ausscheidungskurve. Wie alle die gelösten Stoffe im allgemeinen, sind sie des Morgens in gröfserer Menge vorhanden, wenn das Wasser spärlich und infolge der Verunreinigung sehr konzentriert ist. Aber während diese dem Wasserstrome, der sie später auflöst, im allgemeinen weichen, widerstehen jene der Verdünnung und wachsen bis Mittag immer mehr an; erst dann beginnen sie nach und nach beständig bis in die Nacht abzunehmen, parallel der Linie ihrer Trockensubstanz,

Tabelle XX.

Wasserstände im Brunnen der Pumpstation VII.



und wie wir sehen, der Linie eines jeden ihrer organischen Bestandteile. Dieses starke Anwachsen in der ersten Hälfte des Tages und das langsame Abnehmen in dessen zweiter Hälfte und während der Nacht, zusammen mit der enormen Menge an organischen Substanzen, die wir in ihnen fanden, kann man als die Folge des Verlaufs der täglichen physiologischen Thätigkeit der Bevölkerung ansehen.

Aber wenn auch die Arbeitsleistung der Siebe im Laufe des Tages und die chemische Zusammensetzung der Stoffe, welche sie zurückhalten, die besten Aussichten zu eröffnen scheinen in Bezug auf ihre praktische Anwendbarkeit zur Reinigung städtischer Abwässer, so nimmt der nur geringe

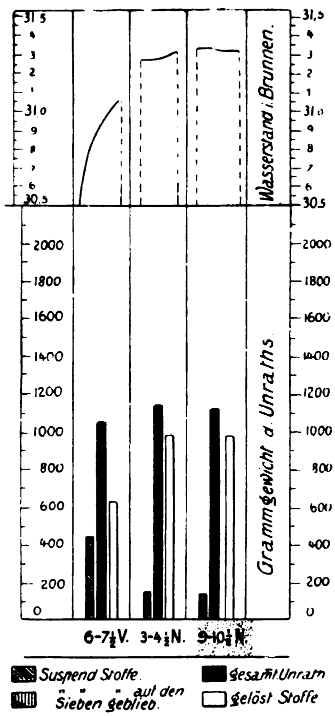
Digitized by Google

Anteil, den diese Stoffe an der Zusammensetzung des Gesamtunrates haben, fast alle Hoffnungen in dieser Beziehung.

Schon sahen wir, dafs 80—90 % der organischen Materie ungehindert die Siebe passieren, und dafs nicht blofs der Stickstoff, sondern auch die Fette selbst, welche doch empfänglicher für eine Abfangung erscheinen würden, von dieser Zahl nicht abweichen.

Tabelle XXI.

Unratgehalt pro cbm Abwasser in den verschiedenen Proben (Pumpstat. VII) und entsprechender Abwasserzuflufs.



Die Menge der verschiedenen Bestandteile des Unrates im Abwasser steht im umgekehrten Verhältnis zu ihrer Kompaktheit, spärlich im Verhältnis sind die grofsen schwimmenden Stücke, enorm überwiegend diejenigen, welche in inniger Verbindung mit dem Wasser, im Zustand der Emulsion und Auflösung sind.

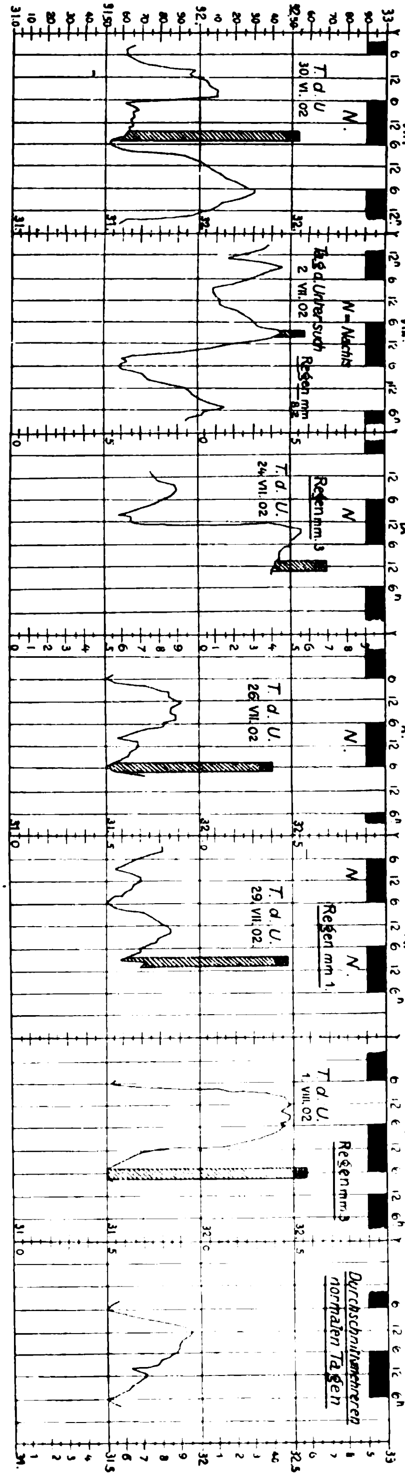
Die Erklärung für diese Thatsache kann man nur in der Schnelligkeit finden, mit welcher sich die Zersetzungsprozesse entwickeln. Die Abfälle, welche doch zum gröfsten Teil kompakt und geformt in die Kanäle gelangen, erleiden schnell die verschiedenen Phasen der Zersetzung, welche ich am Anfang der Arbeit erwähnte, ein Teil der Substanzen trägt schon die Keime fortgeschrittener Zersetzung in sich, wenn er in den Kanal gelangt (Fäkalien, die Abfälle der Küchen, Schlächtereien, Krankenhäuser etc.), die Wärme, die Bewegung des fliefsenden Wassers, die Laugen, die Bakterien, beschleunigen im Innern des Kanals diesen Zustand fortgeschrittener Zersetzung.

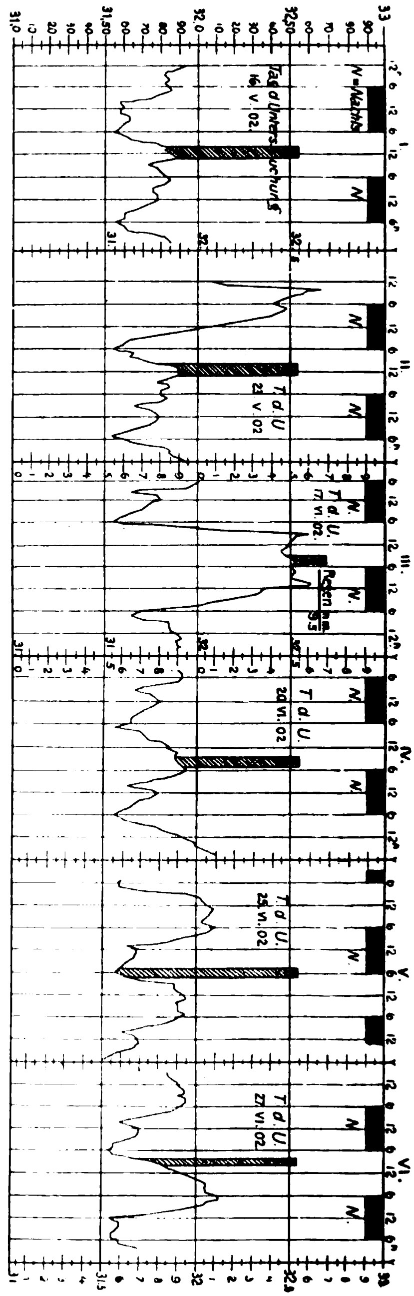
Als Beweis dafür können wir die Analysen des Abwassers, welche einige Stunden später gemacht wurden, betrachten, nachdem dasselbe einige Kilometer der Kanäle durchlaufen, das

Digitized by Google

Tabelle XXII.

Wasserstände im Brunnen der Pumpstation V.



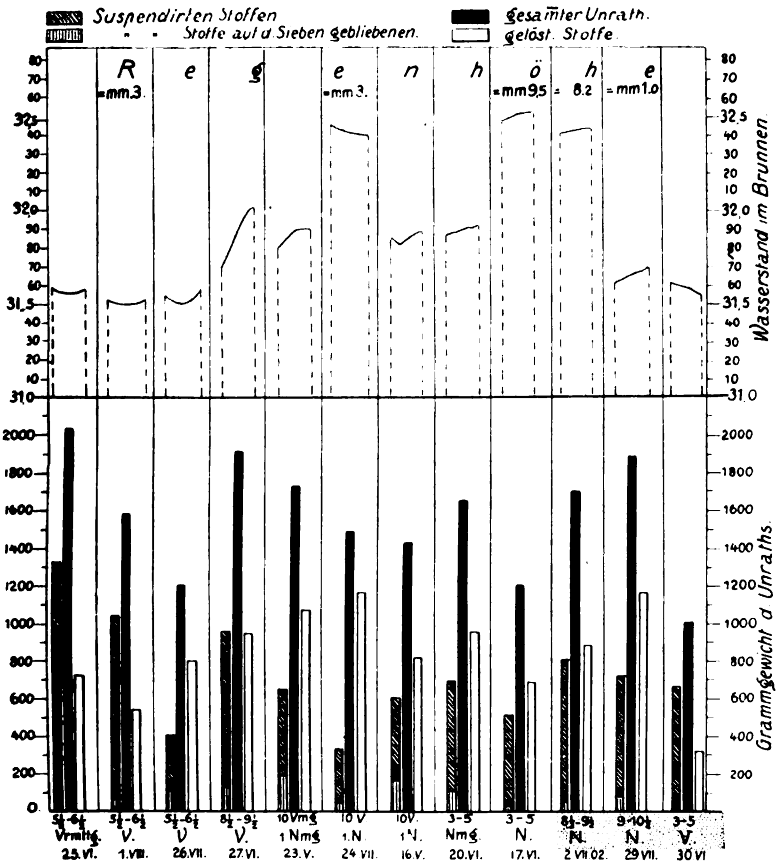


Digitized by Google

heifst kurz vor seinem Austritt auf die Rieselfelder. Hier kommen keine gröfseren Substanzen mehr vor, es finden sich nur gelöste und ganz feine Substanzen, welche sich auf dem

Tabelle XXIII.

Unratsgehalt pro cbm Abwasser in den verschiedenen Proben (Pumpstation V) und entsprechender Abwasserzuflufs.



Boden des Kanals in Form von Schlamm absetzen. Der Gehalt an organischer Substanz in diesem Abwasser hat überdies in überraschender Weise abgenommen. Wir sahen schon, dafs der Gehalt eines städtischen Abwassers an Organischem ungefähr 0,4 — 0,5 per g Trockensubstanz ist. Nun ergiebt sich aus der von Salkowski 1893/94 gemachten Reihe von Analysen

Digitized by Google

des Kanalwassers von Berlin auf den verschiedenen Rieselfeldern im Durchschnitt ein organischer Gehalt von 0,23, mit einem Maximum von 0,35 und einem Minimum von 0,19 per g des Abdampfrückstandes[1]; die Resultate seiner letzten Analysen (1900), von Wasserproben, welche an denselben Orten entnommen wurden, schwanken zwischen 0,22 und 0,35[2]. Gleiche Zahlen ergeben sich aus den Analysen der englischen Kommission über die Rieselfelder von Rugby, Warwick, Nordwood, Peurik, Aldershof, Croydon[3], aus jenen von Klopsch für die Rieselfelder von Breslau.[4]

Ehe ich schliefse, erlaube ich mir der Direktion der Berliner Kanalisationswerke für ihr liebenswürdiges Entgegenkommen den verbindlichsten Dank auszusprechen.

1) Wochenschrift des Vereins deutsch. Ingenieure, 1883. S. 261.
2) Verwaltungsbericht, 1900, S. 25.
3) König, II, S. 38.
4) Preufs. Landwirtschaftl. Jahrbücher, 1885, 14—109.

Digitized by Google

Zur Frage der Körnchen und Kerne der Bakterien.

Von

Privatdozent Dr. med. **Martin Ficker**.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Nachdem die Morphologie der Bakterien lange Jahre hindurch von den medizinischen Bakteriologen fast gänzlich vernachlässigt worden ist, häufen sich jetzt die Veröffentlichungen auf diesem Gebiete reichlich an. Wer hier über keine eigenen Erfahrungen verfügt, der könnte, wenn er eine Reihe dieser Arbeiten gelesen, die Überzeugung gewinnen, dafs es nunmehr doch etwas sehr Einfaches um die ganze Bakterienmorphologie sei: Die Körnchenfrage ist gelöst und die Kernfrage ist über alle Zweifel erhaben. In der That haben denn auch diese neueren Arbeiten viel wohlwollende Beachtung gefunden, die darin ausgesprochenen Ansichten fangen bereits an, sich einzubürgern, wie man aus den neuesten Erscheinungen der bakteriologischen Litteratur ersehen kann.

Nach meinen eigenen Beobachtungen bin ich nun zwar nicht in der Lage, die Körnchen- und Kernfrage der Bakterien zu einer so einfachen Lösung wie die Verfasser der hier zu besprechenden Arbeiten zu führen, und doch möchte ich diese Beobachtungen, die mich noch keineswegs befriedigen, schon jetzt mitteilen, da ich die Weiterverbreitung einiger in jenen Publikationen niedergelegten Schlufsfolgerungen als nicht im Interesse unserer Wissenschaft liegend ansehen mufs.

Digitized by Google

Was zunächst die bekannten Babes-Ernstschen Körperchen anlangt, so ist diesen von H. Marx und Woithe[16, 17] eine weitgehende Bedeutung beigemessen worden. Diese Körperchen sollen allen Individuen einer Art in ihren natürlichen Lebensbedingungen zukommen, ihre Zahl soll direkt proportional der Entfernung der betreffenden Generation von diesen natürlichen Bedingungen abnehmen, sie kehrt zu der ursprünglich vorhandenen zurück, wenn der betreffende Mikroorganismus durch den Tierkörper geschickt wird, sie steigt an, wenn wir ihn in eine Symbiose mit einem andern Mikroorganismus versetzen. Marx und Woithe glauben in diesen morphologischen Eigentümlichkeiten des Bakterienleibes einen Mafsstab für die Virulenz desselben gewonnen zu haben, das mikroskopische Bild soll einen direkten Schlufs auf die Schwere des infektiösen Prozesses gestatten. Diagnose, Prognose und eventuell der Heilplan ginge so vom Befunde des gefärbten Eiterpräparates abhängig zu machen, ebenso wie die Kritik der Behandlungsmethode durch die Präparatfärbung geübt werden kann. Alle Beobachtungen fügt Marx[20] zu einem Bau einer Theorie der Infektion zusammen, die von dem Satz gekrönt wird: »Ein Bakterium vollzieht seinen Übergang vom nicht infizierenden (avirulenten) zum infizierenden (virulenten) dadurch, dafs sich in den Zellleibern seiner Individuen jene Kondensation und Lokalisation vollzieht, die zur Bildung der Babes-Ernstschen Körperchen führt. Der Mafsstab für die gegenwärtige Virulenz (in den frisch untersuchten Infektionsprodukten) ist die Zahl der Babes-Ernstschen Körperchen führenden Individuen; für die zukünftige Virulenz (in der Menschen- und Tierinfektion) die Fähigkeit der Zellen, Babes-Ernstsche Körperchen zu bilden.« In einer anderen Arbeit, in welcher Marx und Woithe dem Kliniker dies Verfahren der Virulenzbestimmung empfehlen, schliefsen sie mit den Worten: . . . »uns genügt, an die Stelle unzureichender Verfahren zur Virulenzbestimmung, deren Fundament teils unbewiesene, teils unbeweisbare Hypothesen bildeten, ein dem Auge sichtbares Kriterium gesetzt zu haben, das (wir wagen es zu behaupten) niemals täuschen kann, ein Kriterium der Virulenz,

Digitized by Google

begründet in der Morphologie der Zelle.« Marx ([18]) geht schliefslich noch weiter und leitet auch eine Theorie der Desinfektion aus den Beobachtungen über die Körnchen ab: »Ein Bakterium verliert seine Virulenz (Infektionstüchtigkeit) zugleich mit der Vernichtung der Babes-Ernstschen Körperchen seiner Individuen.« Verschwinden diese Körperchen, so wird der Beginn der funktionellen Degeneration angezeigt. Die Desinfektion bezweckt nichts anderes, als diese funktionelle Degeneration der Bakterien, gesteigert bis zum Aufhören jeglicher Funktion, künstlich herbeizuführen. »Die Babes-Ernstschen Körperchen sind Träger des spezifischen Lebens, des infizierenden Daseins, ihre Vernichtung ist der Tod des Mikroorganismus, darum Endzweck der Desinfektion. Unsere besten und wirksamsten Desinfizientien (kochendes Wasser, Sublimat, Karbol) sind zugleich die gefährlichsten Feinde jener winzigen Biophoren — winzigsten Organismen.« Darnach liefse sich die Wirkung eines Desinfektionsmittels lediglich durch Färbung kontrollieren. Auch der Effekt von Desinfektionsversuchen an Händen soll durch Prüfen auf Babes-Ernstsche Körperchen festzustellen sein: sind die »Biophoren« dieser Handkeime zerstört, so vermögen sie auf einer Wunde kaum einen nennenswerten Schaden zu stiften.

Es ist nicht nötig auszuführen, welche Bedeutung es für den Bakteriologen, den Hygieniker und Kliniker haben müfste, wenn man mit einer leicht erlernbaren färberischen Mafsnahme einen solchen tiefgehenden Einblick in das physiologische Vermögen eines Mikroorganismus gewinnen könnte.

Die Grundlage fast aller Ausführungen von Marx und Woithe über die Bakterienkörnchen bildet die Beobachtung an gefärbten Präparaten. Die Methode schildern sie nur sehr kurz, sie lassen Löfflersches, spirituos-wäfsriges oder essigsaures Methylenblau durchschnittlich 5—10 Sekunden auf die ohne Wasser ausgestrichenen Präparate einwirken, spülen kurz mit Wasser ab, färben mit Vesuvin (2 : 1000) etwa 15 Sekunden nach. »Auf eine genaue Innehaltung dieser Zeiten kommt es nicht an, am wenigsten bei der Vorfärbung, die Vesuvinfärbung kann man eventuell beliebig verlängern, da man eine Überfärbung kaum

Digitized by Google

zu fürchten braucht.« Untersuchung geschieht in Kanadabalsam, »in dem sich die Präparate zugleich sehr gut halten«, was später widerrufen wird. Bei der Handhabung der Methode ist also ein ziemlich weiter Spielraum gestattet, weshalb es wohl die Verfasser auch für überflüssig hielten, die jeweilig angewandte Methode für die positiven oder negativen Resultate den Abbildungen beizufügen. Hier fehlt auch die präzise Angabe des Alters der verwendeten Kulturen, und darauf ist gerade bei Körnchenfärbungen grofses Gewicht zu legen. — Was die M. Neissersche ([26]) Körnchenfärbung mit essigsaurem Methylenblau betrifft, welche die Verfasser als Vorbild benutzen, so weifs jeder, der sie oft anwendet, dafs sie, so zufriedenstellend sie für die praktische Diphtheriediagnose arbeitet, für andere Bakterienkörnchen sehr schwankende Resultate liefert. Sie ist hierbei oft ganz unberechenbar: man kann von demselben Bakterienmaterial bei einigen Präparaten die schönsten und zahlreichsten Körnchen beobachten, in andern mufs man auch nach vereinzelten Körnchen suchen: es geben dabei kleine Momente schon einen Ausschlag. Auch bei Diphtheriereinkulturen schwankt ja der Reichtum an Körnchen ganz erheblich, wir werden noch sehen, dafs man bei vergleichsweiser Färbung von Präparaten derselben Diphtheriekultur bei Variierung anscheinend geringfügiger Faktoren ganz divergente Resultate erhält, so dafs körnerreiche und körnerarme Präparate einander gegenüberstehen. Sind schon bei Färbung von Kulturpräparaten weitgehende Schwankungen möglich, so sind dieselben dann noch erheblicher, wenn man Gewebsbestandteile färbt. Bei Organausstrichen, Eiter- und Blutpräparaten beeinflufst immer die verschiedene Dicke der aufgetragenen Schicht das Färberesultat, weil die Farbstoffspeicherung der Gewebselemente in ganz verschiedene Konkurrenz zu der Körnchenfärbung tritt. Sollen Körnchenfärbungen vergleichbar sein, so müssen ganz exakte Vorschriften der Präparation und Färbung befolgt werden. Das hat schon M. Neisser betont und zur Anwendung seiner Methode für die Diphtheriekörnchen ganz präzise Bestimmungen getroffen. Dieselbe Methode führt bei einer Reihe anderer Bakterien nicht zum Ziele und namentlich für Gewebs-

Digitized by Google

präparate bedarf sie der Abänderung, wenn man nicht Täuschungen anheimfallen will. Aber auch für Diphtheriekörnchen selbst bedeutet sie noch nicht das Optimum: so sollen die Körnchen vor der neunten Stunde die Färbung nur an vereinzelten Individuen geben. Man könnte daraus schliefsen, dafs die Körnchen zu dieser Zeit überhaupt noch nicht gebildet sind. Der Schlufs ist falsch, denn wenn man unter Berücksichtigung der andern Postulate für die Diphtheriekörnchenfärbung (Bruttemperatur 35°, Löfflersches Rinderserum) die Färbung nach meiner Methode mit milchsaurem Methylenblau vornimmt, so zeigt bei den meisten Diphtheriestämmen in den jungen, von gleichaltrigem Material geimpften Kulturen von 3—6—9 Stunden schon jedes einzelne Individuum die typischen Körnchen. Da ich mit derselben oder geringfügig modifizierten Methode auch bei Bakterien reichliche Körnchen zur Anschauung bringen kann, die nach den bekannten Methoden nicht wahrgenommen werden, da ich ferner in zahlreichen Fällen unter Variierung der von Marx und Woithe angegebenen Methoden — Weglassen der Wasserspülung, Weglassen der Gegenfärbung — reichlichste Körnchen bekam, die bei Anwendung der üblichen Methoden nicht sichtbar waren, so folgt hieraus, dafs ein negatives Resultat nach einem der von Marx und Woithe geübten Verfahren noch keineswegs das Nichtvorhandensein von Körnchen bedeutet. Dieselben können vielmehr oft genug durch geringfügige Modifikation derselben Methode oder bei Prüfung mittels anderer Färbungen noch sichtbar gemacht werden, wennschon sie nach dem einen Verfahren nicht vorhanden zu sein scheinen.

Wir erfahren von Marx und Woithe nicht, wieviel Präparate immer gleichzeitig gefärbt wurden, ob, wenn eins negativ war, Kontrollpräparate und wieviel gefertigt wurden. Wenn dem Fehlen von Körnchen solche weitgehende Deutungen gegeben werden, die schliefslich zur Aufstellung von Theorien der Infektion und Desinfektion führen, so erwartet man eingehende Schilderung von Beobachtungen über die Methodik und man müfste voraussetzen, dafs Untersuchungen über andere Gründe des

Digitized by Google

Fehlens dieser Körnchen, z. B. über die in der Methodik gelegenen, angestellt worden wären. Das scheint nicht der Fall gewesen zu sein, denn sonst hätten Marx und Woithe bei solchem Material noch Körnchen beobachten müssen, wo die von ihnen als sicher angesehene Methode im Stich liefs.

Die Untersuchungen Marx und Woithes nehmen ihren Ausgang von Farbstoff bildenden Bakterienarten: hier konnte konstatiert werden, dafs dem Stadium der höchsten Entfaltung spezifischer Funktion (Farbstoffbildung) ein maximaler Gehalt an Babes-Ernstsche Körperchen führenden Individuen entsprach. Micrococcus roseus z. B. zeigte, bei Zimmertemperatur gezüchtet, wobei die Farbstoffbildung erfolgt, Körnchen; bei 37° fand weder Farbstoffproduktion noch Körnchenbildung statt. Bei Sarcina lutea und alba, aus Luft isoliert, enthielten die Einzelkokken Körnchen, so lange gute Packete gebildet wurden. Ältere Kulturen, in denen nicht mehr Packetbildung stattfand, und in denen die Farbstoffproduktion aufgehört hatte, zeigten auch keine Körnchen mehr. Prodigiosus zeigte bei Zimmertemperatur bei reichlicher Farbstoffproduktion zahlreiche Körnchen, bei 37°, wo er farblos wächst, keine. Diese und andere Beobachtungen veranlassen Marx und Woithe zu dem Schlufs, »dafs die Zahl der Babes-Ernstsche Körperchen tragenden Individuen einer Art direkt proportional der Intensität der charakteristischen Farbstoffbildung ist. Die Farbstoffproduktion ist die eigentümliche, bestimmende Lebensfunktion, das Vorhandensein Babes-Ernstscher Körperchen ist ein untrügliches Symptom der höchsten Lebensintensität.«

Was das Verhalten des Prodigiosus betrifft, das Marx und Woithe als besonders beweisend für ihre Theorie ansehen, so mufs ich dasselbe als eine Eigentümlichkeit des betreffenden Stammes ansehen, denn meine beiden Stämme lassen auch bei absolut farblosem Wachstum (neutraler Agar, 37°, 36^h) die schönsten und reichlichsten Körnchen erkennen und zwar schon im ungefärbten Zustande, ebenso bei Zufliefsenlassen von Methylenblau (med. pur. Höchst) 1 : 10000 mit 0,1 % acid. lactic. Bei Verwendung der von Marx und Woithe gehandhabten

Methoden sind die Körnchen allerdings sehr undeutlich, am ehesten sind sie noch wahrzunehmen, wenn man das Vesuvin ganz wegläfst. — Auch ein Violaceus-Stamm bildet bei völlig farblosem Wachstum so typische und zahlreiche Körner bei Färbung nach M. Neisser, wie man sie nicht mehr und nicht weniger in den farbigen Kulturen beobachtet.

Um frisches Material zu prüfen, habe ich eine Reihe von farbigen Kolonien auf Luftplatten mit den verschiedensten Körnchenfärbemethoden untersucht: von vier Kokkenkolonien waren nach 6 Tage langem Halten der Platten bei Zimmertemperatur nur bei zweien Körnchen nachzuweisen, während von fünf Sarcinekolonien zwei reichliche, eine vereinzelte und zwei gar keine Körnchen ergaben. Dafs Marx und Woithe in einer solchen degenerierten Kultur von Sarcina lutea, in der nach Fig. II, Tafel I überhaupt keine Sarcinenformen mehr vorhanden sind, auch keine Körnchen mehr fanden, ist doch schliefslich nichts Auffallendes. Die oben genannten Luftkeime in späteren Generationen auf Körnchen zu untersuchen, hielt ich für überflüssig, da der Violaceus etwa vor 6 Jahren aus Wasser gezüchtet war und heute noch in jedem einzelnen Bacillenexemplar Körnchen aufweist. In gleicher Reichlichkeit habe ich bei derselben Kultur die Körnchen vor 3 Jahren beobachtet.

Es ist schliefslich noch darauf hinzuweisen, dafs bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse es nicht diskutierbar ist, ob denn bei den genannten Bakterien nun wirklich die Farbstoffproduktion die »eigentümliche, bestimmende Lebensfunktion« ist: bei einem Violaceus, den wir aus Wasser züchten, oder einer Sarcine aus der Luft kann die Farbstoffproduktion ebenso gut eine ganz nebensächliche Bedeutung haben.

Meine eigenen Erfahrungen über Körnchen bei pathogenen Bakterien sind vor allem an Diphtheriebacillen gewonnen. Ein geeigneteres Objekt konnte es nicht geben, da die M. Neissersche Methode der Körnchenfärbung sowohl wie die meinige mit Durchsaugen von milchsaurem Methylenblau auf Diphtheriebacillen zugeschnitten sind. Dafs die letztere die sicherste Methode für Diphtheriekörnchen ist, konnte an zahl-

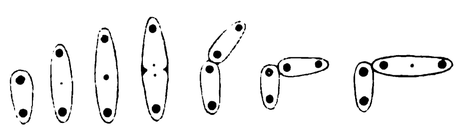
Digitized by Google

reichen Vergleichsfärbungen erwiesen werden, u. a. traten bei einzelnen Pseudodiphtheriestämmen, die nach M. Neisser gefärbt nur vereinzelte Körnchen erkennen liefsen, nach Durchleiten von milchsaurem Methylenblau so zahlreiche Körnchen in die Erscheinung, dafs ich die Methode als zu sensibel für die praktische Diphtheriediagnose nicht angewandt wissen möchte. Dafs sie auch in den ganz jungen, noch nicht 9 Stunden alten Kulturen der meisten Diphtheriestämme komplette Körnchenfärbung gibt, wurde schon erwähnt. Auch dann ergab sie noch in vielen Fällen typische Körnchen, wenn von den Neisserschen Postulaten abgesehen wurde: einzelne Stämme, die bei 37° oder auf Pferdeserum oder Glycerinagar gezüchtet waren, lieferten auch unter diesen Bedingungen, die bei der vergleichsweise ausgeführten Färbung mit essigsaurem Methylenblau die Körner nicht zur Wahrnehmung kommen liefsen, beste Resultate. Es bleiben aber immer noch eine Reihe von Stämmen, die auch mit milchsaurem Methylenblau nur bei Innehaltung der bekannten Forderungen die Körnchen aufwiesen, ein Grund hierfür konnte nicht gefunden werden. Verwendet man aber Rinderserum (nach Löffler, bei 100° erstarrt) und eine Brüttemperatur von 35°, so kann man wohl, mit dieser zuverlässigen Methode ausgerüstet, an Diphtheriebacillen die neue Theorie der Infektion erproben, ohne durch Unsicherheit der Methode Beobachtungsfehlern anheimzufallen.

Bei dieser Gelegenheit soll auch noch anderer Körnchenfärbemethoden gedacht werden. Dafs die ursprünglichen Verfahren, wie sie Ernst (3) und A. Neisser (25) anwandten, noch nicht das Optimum der Darstellungsweise bedeuten, erhellt schon aus der Thatsache, dafs M. Neisser eine Modifikation für nötig fand. Auch gelingt es ja heute leicht, bei denjenigen Keimarten, bei denen die früheren Autoren Körnchen nicht beobachten konnten, doch solche darzustellen. — Bei meinen Versuchen der Körnchendarstellung an 32 Diphtherie- und 11 Pseudodiphtheriestämmen, sämtlich frisch isoliert, war zunächst das Launenhafte der Kulturen zu konstatieren: einzelne Stämme gaben schon mit Löfflerschem Methylenblau oder mit der gewöhnlichen alkoho-

Digitized by Google

lisch-wäfsrigen Lösung reichlichste Körnchen. Auch hier war das Alter mafsgebend: während im Alter von 9—12 Stunden bei dieser einfachen Färbung mit Methylenblau nur zwei Stämme Körnchen aufwiesen, waren sie jenseits der 24. Stunde noch bei vier weiteren Stämmen in reichlicherem Mafse zu konstatieren. Für solche sehr leicht sich färbende Kulturen empfehle ich besonders eine ganz dünne Lösung von Methylenblau. Gibt man eine Nadelspitze Kultur in einen Tropfen Methylenblaulösung 1 : 30000 bis 1 : 80000, so erhält man dann dasselbe Bild, wie es die schwerer färbbaren Kulturen beim Durchleiten von milchsaurem Methylenblau geben: von den völlig intakten und ungefärbten Bacillenleibern heben sich scharf und deutlich zwei oder drei im Zellleib befindliche, zunächst hellblau, dann dunkelblau bis schwarzblau gefärbte, runde bis leicht eiförmige Körnchen ab. Die Färbung ist eine Quantitätsfrage. Hat man viel Kultur in den kleinen blauen Tropfen gegeben, so sieht man, wie beim Mischen die Farbe umschlägt: die zarte Bläuung des Farbtropfens verschwindet, er wird farblos, die Körnchen speichern den Farbstoff. Es ist klar, dafs man dann noch mehr Farbe hinzufügen mufs, wenn sie nicht ausreichte, alle Körner zur Färbung zu bringen. Man wird, um diese komplette Körnchenfärbung zu erreichen, am besten die Farbe durchsaugen, schon um den Wasserüberschufs zu entfernen, der bei längerer Beobachtung differenzierend wirkt. Ich verweise hier auf die Technik, wie sie bei meiner Methode der Körnchenfärbung mit milchsaurem Methylenblau geschildert ist ([12]). — Dieser Zusatz der dünnen Farblösung stört die Lebensfähigkeit der Diphtheriebacillen nicht: ich habe solche Präparate in das Wärmmikroskop bei 36° gesetzt, gab den Tropfen dabei nicht auf glatten, sondern in den hohlgeschliffenen Objektträger als Hängetropfen und fügte eine kleine Öse Fufswasser von Löfflerschem Serumröhrchen hinzu, so dafs diese Nährlösung eine Vermehrung der Diphtheriebacillen gestatten konnte. Bei dieser vitalen Körnchenfärbung erhielt ich immer folgende Bilder:



Digitized by Google

Es wurde schon erwähnt, dafs unter 32 isolierten Diphtheriestämmen nur 2 diese vitale Körnchenfärbung mit dünnsten Farblösungen ohne irgend welchen weiteren Zusatz in den jungen Kulturen ergaben. Ein dritter Stamm zeigte sie mit keiner anderen Farblösung als mit einer Merckschen Methylenblaulösung 1:10000, die 1/2 Jahr bei Zimmertemperatur mit Korkverschlufs gestanden hatte. Es war nicht möglich festzustellen, warum gerade diese Lösung sich eignete, während die frische Lösung desselben Präparates bei der gleichen Kultur weder in der gleichen noch in geringerer Konzentration die Körnchen färbte. Ich erwähne das, um die aufserordentliche Empfindlichkeit dieser Körner darzuthun: minimale Einflüsse, die wir zum Teil noch gar nicht kennen, machen sich oft genug bei der Darstellung geltend.

Für diese vitale Körnchenfärbung mit Methylenblau ohne weiteren Zusatz bei solchen leicht färbbaren Stämmen ist das Durchleiten von Methylenblau med. pur. Höchst 1:80000 oder Merck 1:60000 schon hinreichend. Bei einem Farbpräparat, dessen Herkunft nicht mehr zu erfahren war, waren erst bei 1 : 30000 gute Bilder zu erhalten. Sämtliche Farblösungen in diesen starken Verdünnungen zeigten schon in den nächsten Tagen verringerte Färbekraft. Die verschiedenen Handelspräparate verhielten sich ganz verschieden einmal in der zur Körnchenfärbung anzuwendenden Konzentration, dann aber traf ich auch auf Methylenblauarten, die in keiner Verdünnung eine vitale Körnchenfärbung an dem nämlichen Materiale zustande brachten, z. B. Methylenblau König; es tritt dann bei diesen Farbsorten das ein, was beim Zuleiten von jeder dünnen Methylenblaulösung zu Diphtheriebacillen erfolgt, die die Körnchenfärbung ohne irgend welchen Zusatz zum Methylenblau überhaupt nicht geben: der Zellleib zeigt unregelmäfsig sich abwechselnde ungefärbte und ganz zart blau gefärbte Stellen, bis schliefslich bei weiterer Farbzugabe diffus blaue Färbung der Bacillen eintritt. Man kann übrigens auf diese Weise die bakterielle Färbkraft der Farben gut vergleichen: nimmt man von ein und derselben Kultur eine gleiche Bakterienmenge, verteilt sie gleichmäfsig im gleichen Volumen

Digitized by Google

der gleichkonzentrierten Lösungen der verschiedenen Farben und kontrolliert unter dem Mikroskop die Intensität der Färbung unter Berücksichtigung der Zeit, so gewinnt man einen exakten Aufschlufs über das tinktorielle Vermögen der Bakterienfarben.

Eine solche Diphtheriekultur nun, die unter den bekannten Bedingungen schon mit Methylenblaulösung ohne Zusätze komplette Körnchenfärbung gibt, kann zweckmäfsig zum Studium von Momenten, welche die Körnchenfärbung beeinflussen, benutzt werden, z. B. auch hinsichtlich der Beurteilung von Trockenpräparaten. Hierbei liefs sich nachweisen, welche bedeutende Rolle bei einzelnen Stämmen die Differenzierung durch Wasserspülen für die Körnchenfärbung spielt. Wurde die Wasserspülung nach Färbung der Trockenpräparate mit den verschiedenen Methylenblaulösungen zu kurz bemessen, so waren überhaupt keine Körnchen wegen diffuser Zellleibfärbung nachweisbar, es bedurfte dann immer einer bestimmten Zeit Wasserspülung, um die Farbe soweit aus den Zellleibern auszuwaschen, dafs gerade noch die Körnchen sichtbar blieben. Dabei waren einige Sekunden kürzeren oder längeren Spülens schon ausschlaggebend, so dafs, wenn man nur eine Methode, nur eine Zeit der Färbung und Differenzierung einhält, man sicher Täuschungen erhalten mufs. Genau dasselbe Verhalten zeigten die mit Löfflerschem und essigsaurem Methylenblau gefärbten Präparate. Auch das verwendete Wasser selbst ist nicht gleichgültig: ich fand Unterschiede des Differenzierungsvermögens zwischen Leipziger und Berliner Leitungswasser und aqu. dest., letzteres differenzierte viel weniger als die ersteren beiden. Minimale Alkalimengen im Wasser bewirkten eine ganz schlechte Differenzierung, ausgezeichnet kamen die Körnchen nach Färbung (1 Minute) mit Methylenblau Höchst 1:20000 und nachfolgender 20—30″ langer Differenzierung mit angesäuertem Wasser (4 Tropfen acid. lact. auf 3 l aqu. dest.) zum Vorschein. Auch Kurth ([15] S. 421) konnte konstatieren, dafs die Sorte des zur Spülung verwendeten Wassers einen bedeutenden Einflufs auf das Resultat der Färbung hat: bei Ver-

Digitized by Google

wendung von Bremer Leitungswasser zum Abspülen der Farbe versagte die Körnchenfärbung vollständig, bei Anwendung von Grundwasser aus einem Brunnen und von destilliertem Wasser war sie positiv.

Von anderen Farbstoffen, welche ohne Zusätze an diesen leicht färbbaren Stämmen geprüft wurden, gab Methylengrün und Malachitgrün besonders gute Bilder, Hämatoxylin färbte sie weniger gut, keine Körnchenfärbung war mit wechselnden Konzentrationen von Viktoriablau, Alaunkarmin, karminsaurem Ammoniak (auch nicht nach Beizung mit Tannin und Brechweinstein), Pikrokarmin, Dahlia, Eosin, Alizarin, Säurefuchsin zu erhalten. Das von A. Meyer ([21]) verwendete Formolfuchsin färbte nur in ganz vereinzelten Exemplaren Körnchen.

Wie schon erwähnt, führt diese Methode der Körnchenfärbung mit schwächsten Farblösungen ohne weiteren Zusatz bei jungen Diphtheriekulturen nur in Ausnahmefällen zum Ziele, bei der grofsen Mehrzahl der Diphtheriestämme tritt an Stelle der Körnchenfärbung dann Segment- und diffuse Färbung auf. In mehreren nach der üblichen Methode gefärbten Präparaten von tuberkulösem Sputum hatte ich blaugefärbte Stäbchen mit Körnchen wahrnehmen können. Es wurde daraufhin diese Methode für Diphtheriebacillen unter Weglassung der Vorfärbung mit Fuchsin ausprobiert. Es zeigte sich, dafs man sehr zuverlässige Körnchenfärbung erhält, wenn man die Trockenpräparate 10—15″ in 1 proz. salzsaurem Alkohol hält, zwischen Fliefspapier trocknet und dann Methylenblau 1 : 1000 (Merck, König) einen Moment oder 1 : 5000 8—10″ einwirken läfst, wieder zwischen Fliefspapier trocknet und einschliefst. Die Präparate hielten sich besser, wenn man nach Einwirken des salzsauren Alkohols 6″ mit Alc. abs. abspülte und nun färbte. Man kann den salzsauren Alkohol auch nach der Färbung als Differenzierungsmittel einwirken lassen, doch ist die Methode nach vergleichenden Beobachtungen weniger sicher, da bei empfindlichen Stämmen leichter Körnchenentfärbung eintritt. Es ist das übrigens im Prinzip dieselbe Methode, die Piorkowski ([27])

Digitized by Google

zur Diphtheriekörnchendarstellung empfiehlt, er nimmt zur Färbung Löfflers Blau und zur Differenzierung 3proz. salzsauren Alkohol. Ich habe mich nicht überzeugen können, dafs man so zuverlässigere Resultate erhält als mit der M. Neisserschen Färbung; die letztere zu verdrängen, liegt kein Grund vor. Bei dem Piorkowskischen Verfahren besteht immer die Gefahr, dafs der starksaure Alkohol auch bei Innehaltung kürzester Einwirkungsdauer zu energisch entfärbt. Verwendung von Salzsäure in Wasser statt in Alkohol hatte schlechtere Körnchenfärbung zur Folge. Noch bessere Resultate waren zu erhalten, wenn an Stelle des salzsauren Alkohols zur Vorbehandlung 1proz. milchsaurer Alkohol benutzt wurde, der die Zellleiber weniger schädigt. Auch 1proz. oxalsaurer Alkohol leistete Ähnliches.

Die Vor- oder Nachbehandlung mit Säure bedingt immer Unsicherheiten und kompliziert, man mufs für jedes Körnchenmaterial dabei erst die Sekundenzahlen der Färbung und Differenzierung ausprobieren; auch hier erweist sich wieder die Empfindlichkeit der Körnchen gegenüber kleinen Einflüssen, z. B. 6h alte Diphtheriekultur, Trockenpräparat 3″ in Milchsäure (1% in aqu. dest.), 5″ Wasserspülen (dest. aqu.); nun 3″ Methylenblau (Höchst) 1:10000, 5″ Wasserspülen: keine Körnchen, schwache diffuse Färbung. Wurde Wasserspülen in beiden Fällen weggelassen und Säure sowie Farbe mit Fliefspapier weggenommen: massenhafte Körnchen. Während also bei früher erwähnten Beispielen (Färbung nur mit Methylenblau ohne Zusatz und ohne Vor- und Nachbehandlung mit Säure) das Wasserspülen als Differenzierungsmittel zum Beobachten der Körnchen einiger Diphtheriestämme unentbehrlich war, wirkt es gerade in dieser Kombination schädlich. Oft kann man sich auch überzeugen, dafs in nach M. Neifser gefärbten Präparaten viel zahlreichere Körnchen gefärbt sind, wenn man nach der vorschriftsmäfsigen Färbung mit essigsaurem Methylenblau das Deckglas direkt zwischen Fliefspapier trocknet und einschliefst, ohne mit Wasser zu spülen oder mit Vesuvin nachzufärben und nun nochmals Wasser anzuwenden. Ganz abgesehen davon

Digitized by Google

dafs die Vesuvinfärbung kleinere blaue Körnchen oftmals ganz verdeckt, werden bei der mehrmaligen Wasserbehandlung sicher Körnchen entfärbt, wie man leicht bei vergleichsweiser Färbung mit schwerer tingierbaren Kulturen feststellen kann.

Wenn man zu Diphtheriebacillen, die nicht gerade den die Körnchenfärbung schon mit blofsem Methylenblau gebenden Ausnahmekulturen entstammten, dünnste Methylenblaulösung zufliefsen läfst und nach vollendeter gleichmäfsiger Färbung der Einzelindividuen vom Rande des Deckglases Säure zufliefsen läfst, so tritt momentan die Körnchenfärbung ein: der vorher diffus gefärbte Zellleib weist nun an beiden Polen die scharf umschriebenen blauen Körnchen auf, während im übrigen Zellleib die Farbe ausgelöscht wird. Je nach der Säurekonzentration und Säureart bleibt dann die Färbung kürzer oder länger bestehen. Die mildeste Säure in dieser Beziehung und doch äufserst zuverlässig wirkend war die Milchsäure. Ich änderte dann die Methode dahin ab, dafs ich die Säure gleich der Farblösung zusetzte. Auch hierbei erwies sich die Milchsäure als am geeignetsten. Unter den übrigen geprüften Säuren (Salz-, Essig-, Schwefel-, Ameisen-, Citronen-, Salicylsäure) kam die Essigsäure in ihrer Wirkung der Milchsäure am nächsten, während unter dem Einflufs der übrigen Säuren auch bei weitgehend abgestuften Konzentrationen und unter Variierung der Stärke der Farblösung entweder die Körnchen kleiner und undeutlicher oder die Bacillenleiber sichtlich Veränderungen unterworfen wurden.

Bei diesen günstigen Wirkungen von Säuren war ich geneigt, denselben neben der differenzierenden noch eine aktive, vielleicht die Körnchenmasse zu den scharf umformten Gebilden koagulierende Wirkung zuzuschreiben. Man wird in diesem Eindruck bestärkt, wenn man z. B. 1- oder 2 proz. Milchsäure zum ungefärbten Deckglaspräparat zufliefsen läfst: bei einigen Diphtheriestämmen formt sich da zusehends das Plasma an denjenigen Stellen, an welchen bei der Körnchenfärbung die blauen Gebilde liegen, zu den gleichen stark lichtbrechenden Kügelchen oder eiförmigen Häufchen, die denselben Lichtglanz besitzen wie plasmolysierte Zellteile und wie wir ihn an solchen Stellen beobachten,

Digitized by Google

wo zwei Bakterienleiber sich kreuzend übereinander liegen: im letzteren Falle haben wir es mit einer doppelten Plasmamenge zu thun, in gleicher Weise erwecken auch die erwähnten stark lichtbrechenden Stellen den Eindruck eines vermehrten, konzentrierteren Plasmas. Was die Beobachtung von Diphtheriebacillen im ungefärbten Zustand überhaupt anlangt, so verhalten sich auch da die frisch isolierten Stämme ganz verschieden: bei manchen ist am ersten Tag der Züchtung im Plasma nicht die Spur von Differenzierung wahrzunehmen. Bei anderen besitzen schon in 16 Stunden alten Kulturen die Pole, und bei gröfseren Individuen auch die mittlere Zellpartie den starken Lichtglanz. Man trifft auch auf solche Stämme, die in derselben Zeit an den stärker lichtbrechenden Stellen die typisch geformten Körnchen erkennen lassen.

Hier sollen einige Angaben über ungünstige und günstige Beeinflussung der Körnchendarstellung eingereiht werden. Jodjodkalium beeinflufst die Körnchen nicht, sie kommen weder beim Zufliefsenlassen, noch bei nachfolgender einfacher Methylenblaufärbung zum Vorschein. Tannin wirkt weder bei Vorbehandlung noch mit Methylenblau gemischt günstig. Das Gleiche gilt von Karbolsäure, Brechweinstein, Formalin. Ebensowenig brachte sie Beizung mit essigsaurer Thonerde oder essigsaurem Eisenoxyd und nachfolgende Alizarinfärbung zur Darstellung. Vorbehandlung der Deckglaspräparate mit 10% NaCl- oder HCl-Lösung störte sie nicht, sie kamen danach mit den verschiedensten Färbemethoden zum Vorschein. Kalkwasser liefs sie erst hervortreten, wenn nach der Kalkwasserbehandlung und vor der Färbung eine Säure (0,1% HCl in aqua dest. oder 2% milchsaurer Alkohol) angewandt wurde. Zwei Tage langes Liegen der Deckgläser in gesättigter wäfsriger Lösung von schwefelsaurer Magnesia vernichtete sie nicht. Traubenzucker in 10proz. Lösung liefs sie sowohl bei Vorbehandlung als bei direkter Zumischung zur Farbe gut hervortreten. Drei Tage im Exsiccator getrocknete Deckglaspräparate wiesen nach drei Tage langer Behandlung mit Äther, Xylol, Chloroform die Körner in unvermindertem Mafse auf. Sudan III färbte sie nicht, ¼ Minute

Digitized by Google

langes Kochen der Deckgläser in aqua dest. schädigte sie nicht, nach $^1/_2$ Minute langem Kochen konnten sie nicht mehr dargestellt werden.

Nach der günstigen Beeinflussung durch verschiedene Säuren mufste die Wirkung von Alkalien Interesse erwecken. — Dafs das alkalische Löfflersche Blau namentlich bei einigen älteren Kulturen Körnchen färbt, ist ja bekannt. Wurde jedoch bei einem 12 Stunden alten, gut körnchengebenden Stamm, dessen Individuen bei Methylenblau Höchst 1 : 20000 allesamt Körnchen aufwiesen, eine Mischung von Methylenblau 1 : 10000 und KOH 1 : 10000 zu gleichen Teilen benutzt, so war schon Verminderung der Körnchen nachweisbar, ebenso, wenn die Präparate in 0,1 % KOH liegen gelassen wurden. Nach 5 Stunden langer Einwirkung von 1 % KOH waren sie nicht mehr zur Darstellung zu bringen, auch wenn der Färbung eine verschieden lange Behandlung mit 0,1 bis 1 % HCl vorausging. Auffallende Bilder lieferte das Zufliefsenlassen von 1 % KoH zu den mit milchsaurem Methylenblau gefärbten Körnchen: im Moment, wo die Kalilauge den Zellleib berührt, quellen die Bacillen auf, es tritt diffuse Färbung des vorher ungefärbten Plasmas auf, was doch nur dadurch zustande kommen kann, dafs der in den Körnchen gespeicherte Farbstoff in Lösung tritt. Schliefslich blafst die dunkelblaue Färbung der Körnchen mehr und mehr ab, sie nehmen alle Schattierungen vom violett-bräunlichen bis gänzlich roten Farbenton an. Gibt man aber baldigst saures Methylenblau, milchsaures oder salzsaures (0,5 % HCl in Methylenblau Höchst 1 : 10000) zu, so verschwindet die blaue Farbe des Zellleibes, er erscheint ungefärbt, während die Körnchen wieder die blaue Farbe annehmen. Läfst man das Alkali länger einwirken, so wird die Färbung unregelmäfsig, statt der Körnchen erscheinen braunrot gefärbte Segmente, nachfolgende Behandlung mit saurem Methylenblau läfst die Körnchen nicht mehr erkennen. Es war dieser Farbumschlag nach rot bei Alkalizugabe nur bei einzelnen Stämmen zu beobachten, indessen liegt das vielleicht an einseitiger Handhabung der Methode, da ich andere Alkalilösungen nicht verwendet habe. Man

Digitized by Google

wird nach den Mitteilungen von Michaelis ([22]) nicht das Methylenrot als färbende Substanz dieser roten Körnchen anzusehen haben, sondern Methylenazur, auf dessen Anwesenheit ja auch die Chromatinreaktion der Romanowskyschen Färbung zu beruhen scheint. Die letztere Methode habe ich nach Ziemanns ([33]) Vorschrift auch auf Diphtheriebacillen angewendet und dabei teils blaue, teils rote Körnchen gesehen, die dem Sitz und der Gestalt nach die typischen Babes-Ernstschen Körperchen waren. Bekanntlich halten Zettnow ([32]) und Feinberg ([6]) die nach der Romanowskyschen Methode in Bakterien zur Darstellung zu bringenden roten Bestandteile für Kernsubstanzen. Mir fehlen hierüber weitere Erfahrungen. Indessen ist es doch von vornherein sehr bedenklich, von der Identität der Färbung bei Protozoën und Bakterien einen Rückschlufs auf die Identität der Natur der gefärbten Substanzen zu ziehen, es mufs hier auf die Arbeiten A. Fischers ([7, 8, 9]) verwiesen werden. Dann haben die verschiedenen Autoren, welche diese Färbung für Bakterien anwandten, doch auffallend abweichende Bilder erhalten, auch bei demselben Material, so dafs man den Eindruck gewinnt, dafs in den verschiedenen Händen bei geringen Abweichungen ganz verschiedene Substanzen die »Kern«färbung geben. Fedorowitsch ([5]) ist der Ansicht, dafs man mit dieser Methode färben kann, was man will. Auch Schaudinn ([29]), der bei der Romanowskyschen Färbung im Bakterienleib rote, violette und blaue Körnchen sah, teilt bezüglich des färberischen Nachweises von Kernsubstanz den Standpunkt A. Fischers und warnt auf Grund der Beobachtungen, dafs Farbstoffe, die bei Metazoënkernen oft reine Kernfärbung ergeben, bei Protozoënkernen oft wirkungslos sind, vor der Überschätzung der färberischen Resultate. Auch das mufs hierbei gewürdigt werden, dafs von Wasielewski und Senn ([31]) bei Flagellaten noch andere Zellbestandteile die rote Farbe energisch aufnehmen und festhalten sahen, welche deshalb keinesfalls als Kernderivate gedeutet werden dürfen: nämlich die Geifselwurzel und die Geifsel.

Nachdem ich die allerverschiedensten Methoden der Körnchenfärbung in zahlreichen Variationen geprüft hatte und die

Digitized by Google

zuverlässigsten kannte, durfte ich wohl auch die Frage in Angriff nehmen, welches Verhältnis zwischen Virulenz und Körnchen besteht. Es ist merkwürdig, daſs Marx und Woithe für ihre Untersuchungen gerade die Diphtheriekörnchen nicht in Betracht gezogen haben, für welche ja die Färbemethode fixiert war. Bei Durchsicht der Literatur hierüber würden Marx und Woithe allerdings bald auf Thatsachen gestoſsen sein, die sich nicht gut als Bausteine für ihre Theorien verwenden lieſsen.

Zunächst wäre zu erwarten, daſs in den direkten Ausstrichpräparaten von diphtheriebacillenhaltigem Material die zahlreichsten und deutlichsten Körnchen zu finden sind. Es geben aber in der Regel die nachfolgenden Serumkulturen viel reichlichere Körnchen, ich muſs M. Neisser (25) beistimmen, wenn er sagt: »So kann es nicht Wunder nehmen, wenn wir gelegentlich im Originalpräparat massenhaft sichere Diphtheriebacillen finden, von denen nur ganz vereinzelte die (Körnchen-) Färbung annehmen.« — In einzelnen Fällen von positiver oder negativer Körnchenfärbung des Originalpräparates wurden von mir Erkundigungen über die Schwere der Fälle eingezogen: ein Zusammenhang lieſs sich nicht konstatieren. In ausgedehnterem Maſse hat Schumburg (30) an klinischem Material Körnchenfärbungen vorgenommen. Bei Untersuchung von 94 keimhaltigen Wundsekreten kommt er zu dem Schluſs, daſs das Auftreten und die Menge der Körnchen mit der Schwere des klinischen Verlaufs nicht immer Hand in Hand gehen. In 60 Sekreten waren überhaupt keine Körnchen in den Originalpräparaten nachzuweisen, von den 34 Fällen positiven Befundes war bei 22 ein leichter Verlauf zu verzeichnen.

Es ist weiterhin bekannt, daſs es auch echte Diphtheriekulturen gibt, welche sich negativ gegenüber der Körnchenfärbung verhalten. So hatte Kurth (15) drei Stämme isoliert, die vollgiftig waren, die Heilserumprobe bestanden und keine Spur der Doppelfärbung erkennen lieſsen, zwei davon auch ganz im Anfang nicht, während der dritte Stamm erst längere Zeit nach der Diagnosestellung auf Körnchen geprüft wurde. Kurth hat

Digitized by Google

die morphologischen und biologischen Eigentümlichkeiten dieser Stämme eingehend untersucht, er variierte auch die Färbemethode, erhielt aber nur negative Resultate. Er hielt eine Abschwächung als Ursache des Ausbleibens der Färbung für ausgeschlossen, glaubte vielmehr, dafs hier eine besonders kräftige Form der Diphtheriebacillen vorliege. Er stützte diese Annahme damit, dafs »eine seit ca. 5 Jahren auf künstlichen Nährböden weitergezüchtete Diphtheriekultur, welche bis jetzt etwa um das Hundertfache an Giftigkeit verloren hat, die Körnerfärbung auf das Üppigste zeigt«, ferner beobachtete er Körnerfärbung bei »völlig ungiftigen, augenscheinlich weniger widerstandsfähigen Kulturen«. Naheliegend war ihm die Schlufsfolgerung, »dafs bei den drei Kulturen im Laufe der Umzüchtungen die Körnerfärbung sich einstellen wird·« Dies ist nach Kurths Angaben 5 Monate nach der Reinzüchtung nicht erfolgt. — Auch die Befunde Reichenbachs ([28]), der eine körnerlose Diphtheriekultur isolierte, die später bei geringer Virulenzabnahme doch Körnchenfärbung gab, sprachen von vornherein gegen die Marx und Woithesche Schlüsse.

Alsbald nach dem Erscheinen der Kurthschen Arbeiten habe ich mich mit zwei dieser körnerlosen Diphtheriekulturen näher beschäftigt, es waren dies die Stämme Begandt und Homann. Dieselben zeigten beim Eintreffen eine starke Virulenz (0,2 ccm von 48 Stunden alter Bouillonkultur tötete Meerschweinchen von ca. 300 g in 30 und 35 Stunden). Bei keiner von beiden Kulturen waren Körnchen nachzuweisen, weder bei Innehaltung der üblichen Bedingungen noch nach allen erdenklichen Variationen der verschiedenen Färbemethoden. Es wurden nun den Kulturen die verschiedensten Nährsubstrate angeboten. Man kann ja bekanntlich auf Rinderserum reichlichste Körnchen haben und von demselben Stamm auf Pferdeserum nur ganz spärliche. Ebenso sind sie nur dürftig in der Regel auf Joosschem Serumagar sowie auf neutralem Agar und in Bouillon anzutreffen. Es gelang nun bei Stamm Begandt in der zweiten Generation auf Schnitten von Kalbshirn (Herstellung vgl. ([11]) nach 20 Stunden bei 35° bei Zufliefsenlassen von milchsaurem Methylenblau zum

Digitized by Google

Deckglaspräparat in jedem Bacillus die typischen Körnchen nachzuweisen. Leider habe ich damals vergleichende Virulenzbestimmungen zwischen der körnchenfreien und körnchenreichen Kultur nicht vorgenommen. — Nach diesen Resultaten mufste ich die Ernährungsfrage als ausschlaggebend für die Körnchenbildung ansehen. Das stimmt mit A. Fischers Ansicht überein, dafs es sich um Reservestoffe handle, die eben nicht auf jedem Nährboden gebildet oder gespeichert werden.

Es soll hier über einen Symbioseversuch berichtet werden, der damals angestellt wurde. Es stand ein stark virulenter Diphtheriestamm mit äufserst leicht färbbaren Körnchen zur Verfügung, die mit milchsaurem Methylenblau in allen Individuen absolut sicher zu erhalten waren. Im Gegensatz hierzu gab der Stamm Homann niemals unter gleichen Bedingungen Körnchen. Aus Gründen, deren Darlegung später erfolgen soll, wurden Mischimpfungen in genau dosierten, variierenden Prozentsätzen mit den beiden Stämmen auf Oberflächen von Löfflerschem Rinderserum-Platten vorgenommen: dabei zeigte sich, dafs die körnerlose Kultur die körnerreiche überwucherte, wenn sie bei der Aussaat in der überwiegenden Mehrheit war und dafs anderseits ganz gesetzmäfsig die körnerreiche die Oberhand gewann, wenn sie bei der Impfung schon in höheren Prozentziffern vertreten war. Das gleiche Verhalten zeigten Kreuzstriche, die mit den beiden Stämmen auf Serumplatten angefertigt wurden: beide Stämme wuchsen ganz gleich stark, an den Kreuzstellen war keine Beeinflussung hinsichtlich des Körnergehaltes wahrzunehmen. Von den Kreuzungsstellen liefsen sich die körnerlosen und körnerreichen nach Aufbringen auf Glycerinagar- und Serumplatten wieder gewinnen. — Es ist klar, dafs diese Symbiose-Versuche in keinen Vergleich zu den von Marx und Woithe vorgenommenen gesetzt werden, sie wurden nur angeführt, da sie zeigen, wie die beiden Kulturen unter gleichen Bedingungen gleich intensiv wuchsen und ganz streng ihre Stammeigentümlichkeiten bewahrten.

Von dem erwähnten körnerreichen Stamm, der vor vier Jahren isoliert wurde, gelingt heute noch die Körnchenfärbung

Digitized by Google

in gleichem Mafse, die Meerschweinchenvirulenz hingegen ist verschwunden.

Die körnerlose Kultur Homann wurde mit einem körnerreichen Stamm weiterhin durch Antrocknungsversuche verglichen. Man konnte entweder mit Kurth annehmen, dafs es sich um einen besonders lebenskräftigen Diphtheriestamm handelte. Andrerseits konnte man glauben, dafs, wenn die Körnchen Reservestoffe oder sporenähnliche Gebilde wären, gerade der körnerreichen Kultur eine höhere Widerstandskraft beim Trocknen zukommen müsse.

Versuch 1.

(Methodik vgl. ([10]) S. 25.)

Getrocknet im Exsiccator (Zimmertemperatur)

	+ = letztes positives Resultat	0 = erstes negatives Resultat
Stamm Homann	14 Tage	15 Tage
Stamm K (körnerreich) . .	13 »	14 »

Versuch 2.

Stamm Homann	13 Tage	14 Tage
Stamm K (körnerreich) . .	15 »	16 »

Es folgt hieraus, dafs die körnerlose Kultur auch gegenüber dem Trocknen nicht besser und nicht schlechter in ihrer vitalen Energie bestellt war wie die körnerreiche.

Ein besonderes Interesse hinsichtlich des Verhaltens gegenüber der Körnchenfärbung mufsten ferner solche Diphtheriestämme erwecken, welche in der Rekonvalescenz oder von der Schleimhaut Gesunder isoliert werden. Es wurden zwei Stämme dieser Art geprüft: der eine wurde 40 Tage nach der Entfieberung eines diphtheriekranken Soldaten von dessen Mandeln isoliert, der andere wurde bei einer Serienuntersuchung von einem völlig gesunden Schulkinde gewonnen. Beide Kulturen wiesen reichlichste Körnchen auf.

Im Widerstreit mit den Ansichten von Marx und Woithe steht auch das Verhalten der Diphtheriestämme in Bouillon: gerade hier finden wir die Keime stark virulent und doch ist in den Bouillonkulturen die Körnchenbildung dürftig und unsicher.

Digitized by Google

Es ist früher schon betont worden, dafs die Körnchenfärbung mit milchsaurem Methylenblau auch bei einzelnen Pseudodiphtheriestämmen sehr zahlreiche Körnchen auch vor der 20. Stunde zur Darstellung bringt. Unter den 11 frisch isolierten Kulturen dieser Art waren zwei, bei denen bei weiterer Fortzüchtung und weiterer Entfernung von der Generation der ursprünglichen Fundstätte um so reichlichere Körnchen zur Wahrnehmung gelangten, während im Anfang der eine Stamm keine, der andere ganz spärliche Körnchen gezeigt hatte.

Bei einem 3. Stamme waren mit keiner Methode Körnchen sichtbar zu machen. Bei Variierung der Nährböden erfolgte nur auf Gehirnschnitten eine leidlich reichliche Ausbeute.

Bei einem 4. und 5. Stamme endlich liefs sich der Einflufs der Methodik gut feststellen: mit milchsaurem Methylenblau von Anfang an massenhafte, typische Körnchen, die mit essigsaurem Methylenblau allein gefärbt deutlich, aber meist nur klein erschienen, bei nachfolgender Wasserspülung und Vesuvinfärbung nicht mehr beobachtet werden konnten.

Schliefslich würden auch noch Versuche mit dem Pyocyaneus aufzuzählen sein, ich müfste aber hier wiederholen, was schon von anderer Seite ausführlich berichtet worden ist. Gaufs (13) hat sich auf Anregung von Orth eingehend mit der Nachprüfung der Marx und Woitheschen Resultate beschäftigt und dabei den Pyocyaneus hinsichtlich seines Verhaltens zur Virulenz und Körneranwesenheit benutzt. Er fand weder in dem frischen, Pyocyaneus haltigen Sekret Körnchen noch nach Kräftigung der Virulenz durch Tierpassage. Ergänzend sei hier erwähnt, dafs ich in einem frischen Pyocyaneuseiter keine Körnchen fand, wenn nach der Färbung mit essigsaurem Methylenblau Wasser gespült und Vesuvin angewendet wurde; dafs hingegen bei sofortigem Trocknen zwischen Fliefspapier nach der Methylenblaufärbung ziemlich reichliche Körnchen wahrzunehmen waren. Massenhafte Körnchen hingegen zeigt ein alter Institutsstamm, der für Mäuse eine Pathogenität bei 0,5 ccm 24 Stunden alter Bouillonkultur nicht mehr besitzt.

Digitized by Google

Nach allen diesen Erfahrungen möchte ich niemandem raten, praktische Mafsnahmen auf diese neuen Theorien der Infektion und Desinfektion zu gründen.

Bei der Beurteilung einiger anderer morphologischer Arbeiten aus der letzten Zeit wird man ebenfalls die gröfste Vorsicht walten lassen müssen. Es herrscht zur Zeit in der Deutung der in Bakterien gesehenen gefärbten Gebilden eine grofse Verwirrung. Zu welchen Irrtümern die Vernachlässigung der verschiedenen Einflüsse bei der Präparation und Färbung führen kann, ist eingehend von A. Fischer erörtert worden. Man kann es als bedeutenden Fortschritt schon betrachten, dafs heute einzelne Autoren sich Mühe geben, solchen Täuschungen durch Kunstprodukte aus dem Wege zu gehen. In dieser Hinsicht ist wohl die vitale Färbung am ehesten dazu geeignet, brauchbare Resultate anzubahnen. Seit Jahren verwende ich die Methode des Zufliefsenlassens dünnster Farben (z. B. Methylenblau 1 : 30000 bis 1 : 100000), die Handgriffe sind in der Mitteilung über die neue Körnchenfärbemethode beschrieben (12). Ein solches Vorgehen läfst je nach der Quantität der aufgebrachten Farbe alle Stufen von den leisesten Anfängen einer Differenzierung bis zur diffusen Färbung sichtbar werden, die letztere kann man vermeiden oder längere Zeit hinausschieben, wenn man die schwächere Lösung nimmt. Wie es keine universelle Körnchenfärbemethode mit einer bestimmten Lösung gibt, so bleibt einem auch hier ein Ausprobieren der Farbkonzentration an dem jedesmaligen Bakterienmaterial nicht erspart. Ich beginne meistens mit Methylenblau med. pur. Höchst 1 : 50000. Diese Methode hat vor den von Nakanishi (24) empfohlenen Objektträgerfärbungen den Vorzug, dafs sie Überfärbungen vermeidet, auf letztere weist Nakanishi selbst mehrfach hin, so konnte er bei einzelnen jungen Bakterienkulturen (Cholera 24 Stunden, Diphtherie etc.) überhaupt keine Differenzierung wahrnehmen, weil die — zu reichliche — Farbe zu rasch aufgenommen wurde. Bei dem Antrocknen der Farbe auf Objektträgern hat man eben die Dosierung der Farbe nicht in der Hand, die Farbe bleibt ungleichmäfsig

Digitized by Google

verteilt, so dafs einzelne Distrikte stärkere Tinktionen aufweisen werden: man hat also dabei sicherlich oft genug nicht mit Differenzen der Bakterienzellleiber, sondern mit Differenzen der Quantität der Farbe zu rechnen. Das vermeidet die Methode mit dünnsten Farblösungen, bei ihr kann weiterhin auch ein Auswaschen der Farbe und Durchsaugen von Differenzierungsmitteln erfolgen, deren Einwirken sofort kontrollierbar ist.

Was die Nakanishischen Resultate betrifft, so sind mir die meisten Bilder von eigenen Untersuchungen mit der Methode des Durchleitens dünnster Farblösungen bekannt. Ich habe trotzdem in einer gröfseren Zahl von Fällen noch überdies die Objektträger-Methode angewendet, man mufs freilich dabei auf Fehlerfolge gefafst sein. Auch erwähnt Nakanishi selbst, dafs er in besonderen Fällen nachgeholfen hat, er erhielt dann seine Bilder nur nach Zufügen von Kalilauge, Karbolsäure. Auch hat er bei einigen Arten Formalindämpfe zum Abtöten benutzt. Es bleibt zu bedauern, dafs Nakanishi weder im Text noch bei der Tafelerklärung immer angibt, wo diese Mittel Verwendung fanden, man kann so nicht kontrollieren, wo wirklich vitale Färbung vorliegt und wo nicht. Es ist mir zur Gewifsheit geworden, dafs die nach der Nakanishischen Methode sich färbenden Zellbestandteile keineswegs einheitlicher Natur sind. Färbt man Spir. volutans, so erhält man die typischen Volutanskugeln tiefblau, das konstatiert auch Grimme ([14]). Bei einem meiner Diphtheriestämme bekam ich mit derselben Methode bei 9 Stunden alten Kulturen die typischen Babes-Ernstschen Körperchen tingiert, ohne dafs der übrige Zellleib die geringste Differenzierung aufwies. Ebenso zeigen die Bilder, die Nakanishi von seinem Bac. variabilis lymph. vacc. gibt, dafs er hier dieselben Körperchen gefärbt erhielt. Wenn Nakanishi ferner die Migulaschen Untersuchungen ([23]) über Bakterienvakuolen und Centralsafträume gekannt hätte, so würde er nicht über die Frage, ob einige seiner blaugefärbten Gebilde nicht auch Vakuolen oder Vakuoleninhalt sein konnten, so schnell hinweggegangen sein. Wenn er die langgestreckten

Digitized by Google

centralen gefärbten Bänder bei einzelnen Bakterienarten (Megatherium Taf. II Fig. 8, Milzbrand Taf. II Fig. 10, Spir volut. Taf. III Fig. 19, 20, Tetanus Taf. IV Fig. 28) als Kerngebilde ansieht, so wird jeder die Diskussion der Frage, ob es sich nicht dabei um einen centralen Saftraum handle, vermissen. Die Beweisführung, dafs für alle seine gefärbten Zellteile Vakuolen deshalb nicht in Frage kommen, weil die gefärbten Gebilde bei Anwendung von Alkalien und Säuren »grofsen Widerstand leisten, sogar aufquellen«, Vakuolen hingegen »sofort zerstört« werden würden, kann ich nicht gelten lassen. Die Konzentrationsgrade der Säuren und Alkalien, wie überhaupt die hierauf gerichteten Versuche werden nicht angeführt. Es wäre sehr wünschenswert, wenn man durch blofsen Säure- oder Alkalizusatz einen solchen Entscheid, ob Vakuole oder nicht, treffen könnte. Wenn Nakanishi gegenüber A. Meyer geltend macht, dafs die von M. für Vakuolen erklärten Dinge unter sich ziemlich verschieden aussehen, ein Teil unregelmäfsig gestaltet und gelagert, scharf konturiert sei, ein anderer keine scharfen Grenzen zeige, so sprechen diese Verschiedenheiten nicht schlechter für Vakuolen als für Kerne, wenn man berücksichtigt, dafs die Vakuolen auch Inhalt haben, der im gefärbten Zustande verschiedene Umrisse haben kann. Sehr zu berücksichtigen bei der Beurteilung der Nakanishischen Resultate ist eine ganz beiläufige Bemerkung (S. 196): »Es sei noch erwähnt, dafs der Nachweis der Kerne auch gut, manchmal sogar besser gelingt, wenn man die Bakterien in Bouillon verteilt, $^1/_2$ Stunde auf 60° erhitzt und dann nach unserem Verfahren färbt.« Es gibt in der That für eine Reihe von Bakterien kaum eine bessere Methode, die Differenzierung des Zellleibes in schwächer und stärker lichtbrechende Stellen zu erweisen als durch dies Mittel, das ich z. B. in Kursen immer anwende, um die Polfärbung zu demonstrieren, wenn die Färbung der auf Kartoffel gewachsenen Typhusbacillen oder die Polfärbung bei Pest, Hühnercholera etc. versagt: man nimmt 1 Öse Agarkultur (20 Stunden), schwemmt sie in 1 ccm Bouillon oder 0,85% Kochsalzlösung auf und stellt die Suspension auf 10 Minuten ins

Digitized by Google

Wasserbad bei 65° oder $^1/_2$ Stunde bei 60°: Der hängende Tropfen zeigt dann bei den meisten Individuen eine schwächer lichtbrechende centrale Partie und stark glänzende Pole. Man mufs hierbei zweierlei Erscheinungen unterscheiden: bei einzelnen Arten findet eine Formung zu kugeligen oder eiförmigen Häufchen statt, bei anderen entstehen Bilder, wie wir sie z. B. von den gefärbten Pestorganausstrichen her kennen: der Zellinhalt erscheint an den Polen wie von einem im Centrum der Zelle wirkenden bipolar gerichteten Druck zusammengedrängt. Diese Polgebiete färben sich dann sehr gut, u. a. auch nach der Nakanishischen Methode, weshalb er sie als Kerne deutet. Es ist ferner befremdend, dafs Nakanishi seine Kerne niemals in ganz jungen Kulturen beobachten konnte, er hält freilich 1—2 Tage alte Kulturen noch für ganz jung. Es ist aber doch bekannt, dafs wir in solchen Kulturen schon massenhaft senile Formen haben, in denen man färben kann, was man will. Die allermeisten Bilder Nakanishis aber entstammen noch älteren Kulturen, und was man hier von Körnchen finden kann, lehrt uns Ernst (4) in seiner neuesten anregenden Publikation. Die Benutzung alter Kulturen ist ja schon vielen Kernsuchern verhängnisvoll geworden, und ich mufs Fedorowitsch (5) beistimmen, wenn er verlangt, »dafs man den Kern dann suchen soll, wenn das Bakterium am intensivsten lebt und sich in der Periode der schnellsten Teilung befindet.« Auch andere Argumente, die Nakanishi anführt, um die Kernnatur der von ihm gesehenen Gebilde zu erweisen, sind nicht überzeugend. Die starke Farbaffinität sollte man doch nach A. Fischers Untersuchungen nun nicht mehr in erster Linie ins Feld führen und die gröfsere Widerstandsfähigkeit der gefärbten Gebilde beim Zerfall des plasmatischen Inhalts besagt nichts, da diese Erscheinung sich vor allem bei Sporenbildnern zeigte, die man doch zunächst zweckmäfsig zum Studium der Kernfrage nicht heranziehen sollte: bei diesen wird gerade die Differenzierung des Plasmas Täuschungen mit sich bringen müssen. Am auffallendsten und bestechend sind die Beobachtungen Nakanishis über die Teilung. In der That müssen die Bilder den Eindruck

Digitized by Google

erwecken, dafs ein Zusammenhang zwischen Zellteilung und Teilung der gefärbten Körner besteht. Auch wenn man meine oben schematisch wiedergegebenen Bilder im Mikroskop sieht, so ist, und es ging mir auch so, der erste Gedanke, dafs es sich hier um Kernteilung handele. Bei der vitalen Körnchenfärbung bei Diphtherie hat jedes junge Stäbchen 2 polare gefärbte Körnchen. Wächst die Zelle heran, so tritt ein ganz winziges centrales blaues Körnchen auf, das wächst, und wenn es ungefähr die Gröfse der polaren Körner erreicht hat, sieht man die Teilungslinie die Körnchen durchqueren, jede Hälfte dieses centralen Körnchens wird zum Polkorn der geteilten Individuen, von denen jedes somit wieder zwei Polkörnchen trägt: nun beginnt wieder das Wachsen u. s. f. Ich müfste nach diesen Beobachtungen die Diphtheriebacillen als zweikernig ansehen, was dem Nakanishischen Satz, dafs alle Bakterien einkernige Zellen sind, widersprechen würde. Damit soll nicht gesagt sein, dafs man in Körnchenpräparaten niemals Diphtheriebacillen mit nur einem Körnchen sieht, bei mangelhafter Tinktion ist das oft genug der Fall, bei erneuter Farbzugabe sieht man dann auch das zweite Körnchen tingiert. Trotz dieser Übereinstimmung meiner Bilder bei der Teilung der Diphtheriebacillen mit denjenigen Nakanishis kann ich nicht an die Kernnatur der Diphtheriekörnchen, und der Nakanishischen Gebilde glauben. In ihrem Verhalten gegenüber verschiedenen Agentien stimmen die Diphtheriekörnchen und damit auch ein Teil der von Nakanishi als Kerne gedeuteten Gebilde mit den von Grimme (14) sorgfältig untersuchten sogen. Volutans-Kugeln überein, die nach der Ansicht dieses Schülers von A. Meyer Reservestoffe darstellen. Zu einer völligen Identifizierung sind noch weitere Untersuchungen nötig. — Jedenfalls beweist das Vorhandensein der Diphtheriekörnchen in den allerjüngsten Zellen, dafs die Anschauung, die Körnchen seien Degenerationsprodukte, unhaltbar ist. Auch mufs ich aus gleichem Grunde Ascoli (1) widersprechen, nach dessen Beobachtungen die Körnchen erst zur Zeit sistierenden Wachstums erscheinen, »wenn das vegetative Stadium seinem Ende sich nähert.« Ebenso wird es

Digitized by Google

schwer fallen müssen, die genannten Körnchen als primitive Sporenanlagen oder, wie Fedorowitsch (5) es thut, sie als unvollkommene Sporen — Protospóren — anzusehen.

Alles in allem halte ich es für verfrüht, die Körnchen- und Kernfrage der Bakterien, wie es nach einigen neueren Arbeiten den Anschein haben könnte, als gelöst anzusehen. Es wird gründlicher und kritischer Untersuchungen von seiten naturwissenschaftlich reifer Forscher bedürfen, ehe hier Klarheit zu erhoffen ist.

Litteratur.

1. Ascoli, Deutsche med. Wochenschrift, 1901, S. 314.
2. Babes, V., Zeitschrift f. Hygiene, V. Bd., S. 173 u. XX. Bd., S. 412.
3. Ernst, P., Ebenda, IV. Bd., S. 25 u. V. Bd., S. 428.
4. Derselbe, Centralblatt f. Bakteriologie, II. Abt, VIII. Bd., S. 1.
5. Fedorowitsch, A., Ebenda, II. Abt., VIII. Bd., S. 481.
6. Feinberg, Ebenda, I. Abt., XXVII. Bd., S. 417.
7. Fischer, A., Anatomischer Anzeiger, X. Bd., S. 769.
8. Derselbe, Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Jena 1897.
9. Derselbe, Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Jena 1899.
10. Ficker, M., Zeitschrift f. Hygiene, Bd. XXIX, S. 1.
11. Derselbe, Centralblatt f. Bakteriologie, XXVII. Bd., S. 504.
12. Derselbe, Hyg. Rundschau, 1902, S. 1129.
13. Gaufs, C. J., Centralblatt f. Bakteriologie, I. Abt., XXXI. Bd., S. 92.
14. Grimme, A., Ebenda, XXXII. Bd., S. 1.
15. Kurth, H., Zeitschrift f. Hygiene, XXVIII. Bd., S. 409.
16. Marx, H. u. Woithe, F., Centralblatt f. Bakteriol., XXVIII. Bd., S. 1.
17. Dieselben, Archiv f. klin. Chirurgie, LXII. Bd., S. 580.
18. Marx, H., Centralblatt f. Bakteriologie, XXVIII. Bd., S. 691.
19. Derselbe, Ebenda, XXIX. Bd., S. 11.
20. Derselbe, Deutsche med. Wochenschrift, 1900.
21. Meyer, A., Flora, 1897, S. 185 und Flora, 1899, S. 428.
22. Michaelis, L., Centralblatt f. Bakteriologie, XXIX. Bd., S. 763.
23. Migula, System der Bakterien. Jena 1897.
24. Nakanishi, Centralblatt f. Bakteriologie, XXX. Bd., S. 97.
25. Neisser, A., Zeitschrift f. Hygiene, IV. Bd., S. 165.
26. Neisser, M., Ebenda, XXIV. Bd., S. 443.

Digitized by Google

27. Piorkowski, Centralblatt f. Bakteriologie, XXIX. Bd., S. 63.
28. Reichenbach, H., Zeitschrift f. klin. Medizin, XXXVIII. Bd., S. 486.
29. Schaudinn, Archiv f. Protistenkunde, I. Bd.
30. Schumburg, Centralblatt f. Bakteriologie, I. Abt., XXXI. Bd., S. 694.
31. v. Wasielewski u. Senn, G., Zeitschrift f. Hygiene, XXXIII. Bd., S. 444.
32. Zettnow, Ebenda, XXX. Bd., S. 1.
33. Ziemann, Centralblatt f. Bakteriologie, XXIV. Bd., S. 945.

Digitized by Google

Eine eigentümliche Form der Quecksilbervergiftung.

Von

H. J. Bing.

In der Nacht zwischen dem 29. und 30. November 1901 entstanden mehrere Vergiftungsfälle in einem der zum Blegdamshospital gehörenden Gebäude. Das Gebäude ist ein zweistöckiges Haus, welches zwei Abteilungen enthält: das untere Stockwerk (K_1), der erste Stock (K_2). Jede Abteilung hat einen ├─┤ geförmten Seitenkorridor, von dessen Mitte in östlicher Richtung sieben Zimmer ausgehen, jedes mit zwei Betten. An den Enden sind zwei sogenannte Pavillone; in dem südlichen sind sechs ähnliche Zimmer und eine etwas gröfsere Stube. In diesem Teile des Gebäudes ist die Vergiftung entstanden. Die Abteilungen werden mittels warmer Luft geheizt, die aus mehreren Kammern im Keller durch gemauerte Kanäle, ca. 20 cm im Diameter, aufsteigt. Sie münden teils in die Zimmer, teils in den Korridor aus. Den zwei Stockwerken entsprechend, ist die Länge der Kanäle ca. 5 und 9 m. Die Luft der Kammern wird mittels Röhre geheizt, durch welche warmer Dampf geleitet wird. Der Dampf wird im Maschinenhaus entwickelt und hat, wenn er dasselbe verläfst, eine Spannung von 6 Atmosphären. Ehe der Dampf das Gebäude erreicht, hat die Spannung etwas abgenommen, und dieselbe wird durch sogenannte Reduktionsventile noch mehr reduziert, ehe er in die Röhre kommt. An jedem Ende des Gebäudes ist ein solches Ventil angebracht. Sie fanden sich an jeder Seite eines Vorderraumes, von dem frische Luft nach derjenigen Kammer geführt wird, von welcher die Pavillon-

Digitized by Google

stuben mit warmer Luft versehen werden. Die Vorrichtung des Ventils ist kurz folgende: Der Dampf wird, ehe er in die Wärmeröhre hineingeht, durch ein Ventil (*g f h*) geleitet. Das Ventil wird durch ein Seitenrohr reguliert, das in einen Behälter ausmündet, in welchem eine Glocke (*a*) ist, die sich in Quecksilber

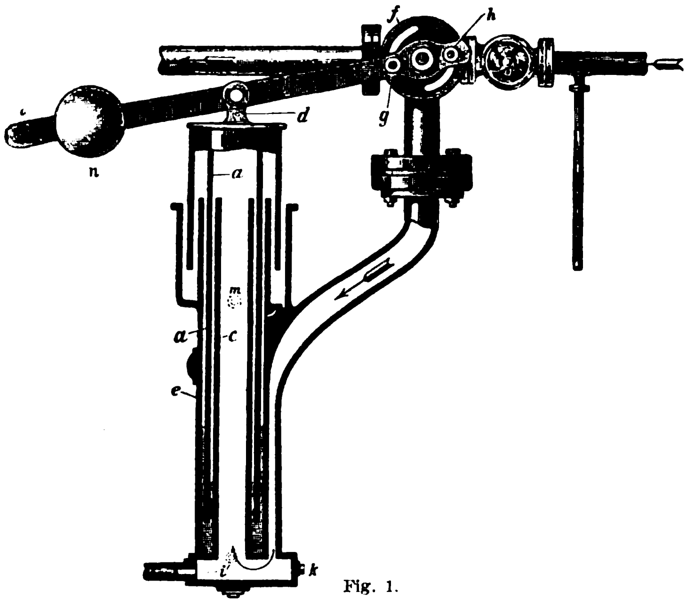


Fig. 1.

bewegt. Wenn der Dampfdruck steigt, wird sich die Glocke heben. Die Stange (*b*) wird in Bewegung gesetzt und das Ventil dadurch geschlossen. Gerät das Ventil in Unordnung und sich nicht schliefsen läfst, kann die Glocke zuletzt nicht höher gehen, und der Druck wird dann mehr und mehr steigen. Das Quecksilber wird immer mehr fortgedrückt, und am Ende wird der Dampf durch das Quecksilber schlagen.

Von der Vergiftung waren folgende Kranke angegriffen:

Im ersten Stock (K_2):

A. A.	ein	19 jähriges	Mädchen		im grofsen Pavillonzimmer,
B. B.	»	2/12	»	»	
C. C.	»	10	»	»	
D. D.	»	8	»	»	
E. E.	»	10	»	»	im Zimmer schräge gegenüber.

Digitized by Google

Im unteren Stockwerk (K_1):

F. F.	ein	$1^3/_4$ jähriger	Knabe	im grofsen Pavillonzimmer,
G. G.	»	4	» »	(im grofsen Pavillonzimmer)
H. H.	»	20 jähriges	Mädchen	im Zimmer gegenüber,
J. J.	»	7	» »	in einem Zimmer des südlichen Drittels des langen Korridors.

Es war in den Pavillonzimmern kein Kranker aufser den bereits genannten.

A. A., 19 Jahre, Mädchen, die einzige Erwachsene, welche schwer angegriffen war. Sie war vom 23. X. im Hospital für Scarlatina und Rheumatismus behandelt. Die ersten Tage war sie hochfebril, hatte Gelenkschmerzen, die jedoch schnell verschwanden. Die Temperatur war am 29. X. normal. Die Nacht zwischen dem 29. XI. und 30. XI. erwachte sie um 12 Uhr und gab ihrem Kinde (B. B.) die Brust. Die Luft war dann nicht besonders schlecht. Um 2 Uhr erwachte sie wieder und hatte dann Kopfschmerzen und bemerkte, dafs die Luft drückend war, erwachte abermals um 4 Uhr mit denselben Empfindungen. Sie stand auf um 6 Uhr, hatte noch Kopfweh, war matt, müde und schwindlig. Um 7 $^1/_2$ Uhr hat sie sich erbrochen. Bei der Visite um 8 $^1/_2$ Uhr war sie stark cyanotisch. Der Puls war klein, acceleriert. Sie zitterte, war kurzatmig, hatte starkes Herzklopfen und klagte über starke Schmerzen in der Brust. Um 11 Uhr war der Zustand unverändert. Puls 138 klein, unregelmäfsig. Im ganzen hatte sie fünfmal Erbrechen gehabt. Die Temperatur war 38,7. Sie wurde in ein anderes Gebäude hinübergebracht. Hier schlief sie einige Stunden. Nachher war die Cyanose verschwunden, ebenso die Kopfschmerzen. Die Abendtemperatur war 37,4; die folgende Morgentemperatur 36,8. Der Puls regelmäfsig, kräftig. Der Stuhl natürlich. Auf Anfrage erklärte sie, dafs ihr Zahnfleisch wund sei, und dafs dies auch am vorigen Morgen so gewesen sei. Man konnte nichts Abnormes sehen. Die folgenden Tage hat sie sich vollständig wohl befunden.

B. B., $^2/_{12}$ Jahre, Mädchen, im Hospital seit dem 23. Oktober 1901, lactationis causa. Sie hatte bis zum 30. November 8 Uhr nichts Abnormes dargeboten; dann wurde es beobachtet, dafs sie wimmernd lag und deutlich kurzatmig war. Zweimal hatte sie dünne Stühle. Die Temperatur war 38,6. Keine Cyanose, kein Erbrechen. Sie wurde nach einer anderen Abteilung gebracht. Im Laufe des Tages hatte sie dreimal Erbrechen, siebenmal dünne Stühle. Sie trank weniger als gewöhnlich, hustete ein wenig. Die Abendtemperatur war 38, die Morgentemperatur am 1. Dezember 37,4. Nachher war die Temperatur normal, übrigens war aber das Befinden wesentlich unverändert. Die Kurzatmigkeit war sehr stark Die Stethoskopie wurde am 1. XII. normal gefunden Sie war sehr erschöpft, deutlich cyanotisch, kalt an den Füfsen. Am 2. XII. war der Puls regelmäfsig, kräftig, die Respiration 50. Sie war bleich, nicht cyanotisch, ohne Appetit, collabierte und starb um 9 $^1/_2$ Uhr.

Digitized by Google

Sektion: Hypostasis et Atelectasis magno gradu pulm. Degeneratio parenchymatosa myocardii hepatis et renum.

Die Lungen waren bis auf die vorderen Ränder fast luftleer. Sie waren grofs. Die Konsistenz fest; die Schnittfläche glatt, etwas rötlich. Es liefs sich eine schwach luftgemischte Flüssigkeit ausdrücken. In den Bronchien kleine purulente Tropfen.

Mikroskopie der Lungen (Fixation in Alkohol, Einbettung in Paraffin, Färbung nach van Gieson und mit Hämatoxylin-Eosin): Stücke, aus verschiedenen Stellen der Lungen genommen, wurden untersucht. Man hat überall in den infiltrierten Partien ganz dasselbe Bild. Man sieht ein anscheinend festes Gewebe mit zerstreuten Lumina (Gefäfsen und Bronchien). Bei einer nur schwachen Vergröfserung würde man schwerlich erkennen, dafs man mit Lungengewebe zu thun hätte. Bei starker Vergröfserung sieht man indessen, dafs das feste Gewebe aus eng zusammengedrückten Alveolenwändchen mit blutgefüllten Kapillaren besteht. Kein Exsudat in den Alveolen. Das Epithel in den Bronchien ist gewöhnlich abgestofsen; man sieht keine Beimischung von Leukocyten zum Epithel, auch keine peribronchiale Leukocyteninfiltration. Die Ursache der Atelectase ist in den feinsten Bronchienästchen (Bronchioli respiratorii) zu finden. Hier ist das Epithel stark geschwollen, teilweise nekrotisch ohne Kerne. Epithelmassen verstopfen oft das Lumen vollständig. Von vielen Bronchienästchen ragen solide obliterierende Zapfen von geschwollenem, degeneriertem Epithel in die angrenzenden Alveolengänge hinein. Die geschwollenen Epithelzellen treten im ungefärbten Präparate hervor, da sie gelb sind, wahrscheinlich wegen Imbibition mit Hämoglobin. (Die Blutkörperchen in den Gefäfsen sind farblos.) Diese Zellen werden auch sehr stark mit Eosin oder Pikrinsäure gefärbt, während die Blutkörperchen dadurch nicht gefärbt werden.

In den lufthaltigen Partien sieht man teils ausgesprochenes Emphysem, teils eine schwache Andeutung der oben beschriebenen Degeneration des Epithels in den feinen Bronchien[1]).

C. C., 10 Jahre, Mädchen. Vom 22. X. 1901 für Scarlatina behandelt. Diese war sehr mild verlaufen. Die Temperatur war am 1. XI. normal. 30. XI. hat sie am Morgen Erbrechen gehabt, war bleich aber nicht cyanotisch. Sie hat sich schnell wieder erholt und hat sich nachher wohl befunden.

D. D., 8 Jahre, Mädchen. Vom 25. X. 1901 für Scarlatina, Dift. fauc. behandelt. Die Krankheit ist mild verlaufen. Die Temperatur war normal am 3. XI. 30. XI. am Morgen hatte sie Kopfschmerzen. Um 7 $^1/_2$ Uhr Erbrechen. Nachher wieder mehrmals Erbrechen. Sie ist lange bleich und cyanotisch gewesen. Auch nachdem sie in eine andere Abteilung übergeführt war, ist sie mehrere Stunden schläfrig gewesen. Darnach natürlich. Die Morgentemperatur war 39. Die Abendtemperatur 37,5. Nachher Wohlbefinden.

1) Dem Herrn Dr. V. Ellermann statte ich für seine freundliche Hilfe bei der Untersuchung der Präparate meinen besten Dank ab.

Digitized by Google

E. E., 10 Jahre, Mädchen. Vom 10. X. 1901 für Scarlatina, Dift. fauc., Rheumatismus behandelt. Die Krankheit war mild verlaufen. Die Temperatur war vom 21. X. normal. Am 30. XI. war sie kurze Zeit cyanotisch, hat sich erbrochen. Sie hat sich schnell wieder erholt.

F. F., 1 3/4 Jahre, Knabe. War vom 25. X. 1901 für Scarlatina, Absc. postauricularis, Scabies behandelt. Die Krankheit war mild verlaufen. 28. X. war er afebril. 30. XI. wieder Fieber wegen des Abscesses. Nach Incision am 6. X. ist die Temperatur wieder normal. Am 27. XI. wurde Lin. styracis zum Einreiben ordiniert.

Am Morgen, 30. XI., hatte er Erbrechen, war cyanotisch, kurzatmig, soporös, kalt an den Händen und Füfsen. Später hat er sich mehrmals erbrochen. Die Temperatur war 40°. Der Puls klein, frequent. Später am Tage hat er sich etwas erholt, hat etwas getrunken, konnte im Bette aufrecht sitzen. In der Nacht war er unruhig, hatte viermal Erbrechen, zweimal dünne Stühle. Am Morgen, 1. XII., war die Temperatur 38,1. Er war bleich, stark cyanotisch im Gesicht, sah schlaff aus. Der Puls war unfühlbar. Der Herzschlag war kräftig, regelmäfsig. Die Leber reichte von der sechsten Rippe bis einige Fingerbreiten unter die Curvatur. Die Respiration war ca. 86. Bei der Stethoskopie wurde nichts Abnormes gefunden. Später war er abwechselnd unruhig und schläfrig, wurde mehr und mehr schlaff. Die Cyanose nahm zu. Am Ende leichte Krämpfe. Er ist um 12 1/2 Uhr gestorben. Das Blut, 1/2 Stunde nach dem Tode genommen, hat keine Reaktion auf Kohlenoxyd gegeben (spektroskopisch).

Sektion: Ecchymoses subpleurales multiplices pulm. impr. sin. Ecchymoses singuli pericardii. Hypostasis et atelectasis pulm. magn. grad. Degeneratio parenchym. cordis, hepat. et renum.

Die Lungen waren in Betreff auf Konsistenz und Aussehen der Schnittfläche wie bei dem Patienten B. B. Stückchen der Leber, des Herzens und der Nieren zeigten nach Formolbehandlung und Färbung von Gefrierschnitten mit Sudan keine Fettreaktion.

Die Untersuchung des Blutes, der Leber, der Lungen und des Ventrikels zeigte kein Quecksilber [1]).

G. G., 4 Jahre, Knabe. Vom 6. X. 1901 für Scarlatina, Dift. fauc. Exanthema secundaria behandelt. In den ersten Tagen war er hochfebril. 25. X. hat er ein Recidiv bekommen. 29. X. war die Temperatur wieder normal.

30. X. hat er Erbrechen bekommen, war schläfrig, später cyanotisch. Die Temperatur war um 10 Uhr 39,9. Er erholte sich schnell. Die Abendtemperatur war 37,9. Morgentemperatur 37,4. Nachher Wohlbefinden.

H. H., 20 Jahre, Mädchen. War vom 14. XI. 1901 für Scarlatina, Rheumatismus articul. otitis behandelt. Sie hatte eine mild verlaufende Scarlatina mit leichten Gelenkschmerzen kompliziert. 22. XI. war die Temperatur normal. Am Nachmittag, 30. XI., hat sie Übelkeit bekommen, sich feuchtkalt gefühlt und hat angegeben, dafs sie wund an verschiedenen

1) Die Analysen sind in »V. Steins Laboratorium« ausgeführt.

Digitized by Google

Stellen sei. Die Abendtemperatur war 38,3. Die folgenden Tage hatte sie Kopfschmerzen, aber normale Temperatur. Nachher Wohlbefinden.

J. J., 7 Jahre, Mädchen. Seit dem 5. X. war sie für Scarlatina behandelt. 19. XI. war die Temperatur normal. 30. XI. morgens hat sie sich mehrmals erbrochen, die Temperatur war 38,4. Sie war bleich, nicht cyanotisch. Im Verlaufe des Tages erholte sie sich. Die Abendtemperatur war 38. Am 1. XII. war die Morgentemperatur 37. Nachher Wohlbefinden.

Die Krankenpflegerinnen, welche die Nachtwache hatten, hielten sich hauptsächlich im Korridor auf. Sie waren des Morgens dyspnoeisch, hatten Kopfschmerzen, Erbrechen, erholten sich aber schnell.

Wie oben erwähnt, wurde es zum erstenmal um 2 Uhr bemerkt, dafs die Luft schwer und drückend war. Um 5 Uhr hatte die Krankenpflegerin bemerkt, dafs es zu heifs war in der grofsen Pavillonstube in K_2; sie hatte deshalb das Warmventil geschlossen.

Die Vergiftungssymptome zeigten sich um 8 Uhr. Die Luft war damals in den betreffenden Zimmern feucht und schwer. Einige haben angegeben, dafs die Luft auch einen stechenden Geruch hatte. Es wurde kein Dampf gesehen, es war doch so feucht, dafs das Wasser von den Wänden troff. Zuerst wurden alle Patienten in den Korridor gebracht, später in andere Zimmer oder Abteilungen.

Durch die Untersuchung im Keller stellte sich heraus, dafs das Reduktionsventil auf die genannte Weise in Unordnung geraten war. Der Dampf quoll zwischen der Glocke und dem Behälter mit Quecksilber hervor, zum gröfsten Teil zwar hinausgeschleudert, aber auch teilweise verdampft. Der Dampf war so mit in diejenige Kammer hinausgegangen, in welcher die Luft für die südlichen Pavillonzimmer aufgewärmt wurde, und war also besonders durch deren Warmluftkanäle aufgestiegen.

Man war sofort darüber im klaren, dafs das Quecksilber die Ursache der Vergiftung sein konnte. Es lag ja gleich auf der Hand anzunehmen, dafs, wenn der Dampf durch Quecksilber in die Zimmer hineingeleitet war, so mufste eine Quecksilbervergiftung auftreten. Man konnte keine andere Ursache finden. Dafs der Wasserdampf selbst giftig wäre, konnte man nicht annehmen.

Digitized by Google

Die Menge desselben war keine beträchtliche. In den Zimmern ist es nicht aufserordentlich heifs gewesen, es war auch nicht so viel Dampf, dafs er sichtbar war. Im ganzen war hier weniger Dampf als oft mehrere Tage lang in den Croupzimmern gebraucht wird. Man konnte nicht annehmen, dafs giftige Stoffe vom Kessel beigemischt waren. Der am selben Ort entwickelte Dampf wird oft ohne Unannehmlichkeiten in anderen Gebäuden des Hospitals bei der Croupbehandlung benutzt. Einer Kohlenoxydvergiftung war das Bild nicht ähnlich. Man konnte keine Ursache dazu finden. Gegen diese Annahme sprach auch das negative Resultat der Blutuntersuchung bei F. F.

Aber auch gegen die Auffassung, dafs die Vergiftung durch Quecksilber verursacht war, konnten mehrere Einwände gemacht werden. Man bezweifelte, dafs eine hinreichende Menge in Dampfform übergegangen wäre, um eine akute Vergiftung zu geben, wenn es über einen so grofsen Raum und in solcher Entfernung, wovon hier die Rede ist, sollte verteilt werden. Es mufs doch hier bemerkt werden, dafs das Quecksilber, wenn der warme Dampf durch dasselbe geschlagen ist, teils stark aufgewärmt, teils in kleinen Tropfen hinausgeschleudert wird, und es wird sich in dieser Weise unter günstigen Bedingungen für Verdampfung befinden. Es ist nicht wahrscheinlich, dafs viel Quecksilber als feine Tropfen oder als Staub mitgerissen ist. Hiergegen sprach, dafs man es in verschiedenen Proben, teils von der Wand und dem Fufsboden in einem Zimmer, teils von der Isolierung der Dampfröhre genommen, nicht nachweisen konnte. Es wurde dagegen in einer Probe, von der Mauer der Vorkammer genommen, gefunden.

Der wichtigste Einwand war doch, dafs das Bild der Vergiftung gar nicht mit demjenigen pafst, welches man für die akute Vergiftung beschrieben findet. Die Hauptsymptome der hier genannten Vergiftung sind Kurzatmigkeit, Cyanose, Übelkeit, Erbrechen, kurzdauernde Temperatursteigerung. Dieser Zustand ist in den meisten Fällen nur vorübergehend und die Kranken haben sich schnell erholt; bei den jüngsten (am wenigsten widerstandsfähigen) hält sich dieser Zustand unverändert.

Digitized by Google

Die Kurzatmigkeit nimmt zu. Der Tod tritt ein. Bei der Sektion werden hauptsächlich Veränderungen in den Lungen gefunden, die stark rot und von einer zähen Konsistenz sind. An der Schnittfläche wird das Gewebe fest, beinahe luftleer gefunden. Die Mikroskopie zeigt eine Affektion der feinsten Bronchien, wodurch dieselben zugestopft werden und im Anschlufs dazu eine Atelectase des Lungengewebes.

Sehr verschieden von diesen Symptomen sind diejenigen, welche man charakteristisch für die akute Quecksilbervergiftung beschrieben findet. Ich werde nicht näher darauf eingehen, aber nur folgendes hervorheben.[1])

Das Quecksilber wird leicht resorbiert, sei es, dafs es auf die Haut, auf die Schleimhäute oder subkutan appliziert wird. Eine akute Vergiftung durch Einatmung des Quecksilberdampfes ist nicht oft gesehen. Die akute Form sieht man oft nach der Aufnahme von Sublimat (innerlich, Vaginalausspülung etc.). In erster Reihe treffen wir hier Symptome von dem Digestionsapparat und den Nieren. Nach einigen Stunden zeigen sich starke Schmerzen und Wundsein des Abdomens, Erbrechen, häufige Diarrhöen, anfangs fäculente, nachher wässerige und blutige.

Häufig sieht man auch, wenn das Gift nicht pro os eingenommen ist, Schwellung und Reizbarkeit der Lippen und des Zahnfleisches. Es besteht starker Foetor, oft Anschwellung der Lymphdrüsen. Die Harnmenge ist zuweilen zuerst vermehrt, später vermindert, oft tritt Anurie ein. Die Herzaktion und der Puls sind im Anfang beschleunigt, ebenso die Atmung, welche später unregelmäfsig wird. Der Puls wird später klein und unregelmäfsig. Bisweilen findet sich Bronchitis mit blutigem Expectorat. In schweren Fällen endet die Vergiftung mit dem Tode nach einer Coma, die mehrere Stunden bis einige Tage nach der Vergiftung eintritt.

Die Sektion zeigt in schweren Fällen im Darm das Bild der sogenannten Sublimatdysenterie oder Sublimatdifterie mit mehr oder weniger verbreiteten nekrotischen Stellen, besonders im

1) C. J. Kunkel, Handbuch der Toxikologie, 1899. — H. Kionka, Grundrifs der Toxikologie, 1901.

Digitized by Google

Dickdarm. Aufserdem wird die grofse Sublimatniere mit blasser weifsgelber Rinde, stark rot gefärbtem Mark, oft mit Kalkinfarcte gefunden. In den Lungen findet sich oft Ödem, bisweilen sind sie stark voluminös und blutig. Nach Kaufmann[1]) werden oft kapillare Trombosen gesehen.

Bei den subakuten Vergiftungen, die häufig durch Inhalation von Quecksilberdampf entstehen kann (Spiegelarbeiter etc.) treten die Symptome der Mundhöhle in den Vordergrund. Sie entsprechen den oben erwähnten Symptomen oder sind weitere Entwickelung derselben. Die stark ulceröse Stomatitis ist oft mit Fieber verbunden. Oft kommen Darmsymptome hinzu. Auch diese Vergiftung kann zum Tode führen.

Die chronische Vergiftung braucht nicht hier erwähnt zu werden.

Man wird aus dieser kurzen Darstellung der akuten Quecksilbervergiftung sehen, dafs keine Übereinstimmung vorhanden ist zwischen derselben und derjenigen Vergiftung, welche wir oben beschrieben haben. Trotzdem war man geneigt, sie als eine Quecksilbervergiftung von eigentümlichem Verlauf aufzufassen. Um diese Auffassung zu stützen, haben wir versucht, bei Tieren unter etwa ähnlichen Bedingungen eine ähnliche Vergiftung hervorzurufen.

Dies wurde folgenderweise gemacht:

Es wurden zwei hölzerne Kasten benutzt. Der Kasten *A* ist 126 cm hoch. Die Grundfläche hat zwei Seiten von 126 cm Länge. Die zwei anderen sind 63 cm lang. Der Kasten *B* ist 63 cm hoch. Die Seiten der Grundfläche sind auch 63 cm. Die Kasten bestehen aus Brettern, die nicht luftdicht schliefsen, hierdurch erreicht man eine gute Ventilation durch die Wände des Kastens. In den meisten Versuchen ist aufserdem der Deckel des Kastens *A* angelehnt gewesen. Im Kasten *B* findet sich ein eiserner Behälter *C*, worin ein eiserner Napf *D* an einem Ständer angebracht ist. Dieser Napf enthält das Quecksilber. In das Quecksilber hinunter ragt eine Röhre *E*, durch welche Dampf geleitet wird. In einer Höhe von 52 cm geht die Röhre *F* von *B* heraus. Sie ist 126 cm lang und mündet in den grofsen Kasten in einer Höhe von 112 cm. Hier wird sie von einer Röhre fortgesetzt, die senkrecht herunter geht und 14 cm vom Boden entfernt endet.

1) Kaufmann, Die Sublimatintoxikation. Berlin 1888.

Digitized by Google

Der Dampf, der durch die Röhre vom Dampfkessel kommt, brodelt durch das Quecksilber. Läfst man sehr viel Dampf durchströmen, wird das Quecksilber in C hinausgeschleudert.

Am Ende des Versuches ragt doch immer die Mündung der Röhre in das Quecksilber herunter. Wenn auf diese Weise der Dampf eine Zeitlang durchgegangen ist, wird man die Wände des Kastens B mit feinen Quecksilbertropfen besetzt finden. Auch in der Röhre F wird man feine Quecksilbertropfen

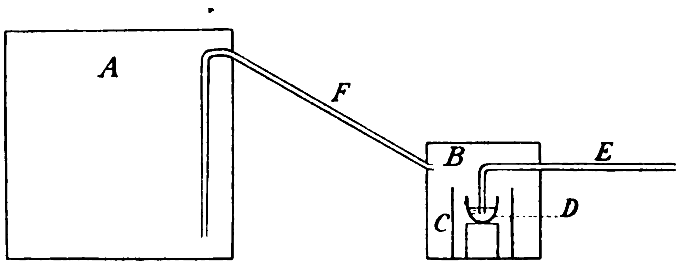


Fig. 2.

finden, ebenso an dem Boden des Kastens A unter der Mündung der Röhre F. Dagegen kann man keinen Quecksilbertropfen an den Wänden finden.

Wenn man so Dampf in den Kasten A leitet, wird die Luft in demselben aufgewärmt. Bei mehr oder weniger starker Dampfzufuhr sowie durch Öffnen und Schliefsen des Deckels konnte man einigermafsen Herr der Temperatur im Innern des Kastens sein. Mittels Hygrometer haben wir uns davon überzeugt, dafs die Luft nach kurzer Zeit mit Wasserdampf beinahe gesättigt war.

Man bekommt also durch die Temperatur eine Vorstellung der Menge des Dampfes in dem Kasten. Durch zwei Maximalthermometer an verschiedenen Stellen angebracht, haben wir gesehen, dafs die Temperatur nach einiger Zeit überall am Boden dieselbe war. Das eine Thermometer war gewöhnlich in denjenigen Korb angebracht, in welchem sich die Tiere fanden.

Für die Versuche haben wir Meerschweinchen gebraucht, welche in einem offenen Korb in den Kasten hineingesetzt

Digitized by Google

wurden. Die Versuche wurden in einer offenen Wagenremise vorgenommen, wo die Temperatur 4° C. war.

Versuch I.

1. II. Um 15 Uhr werden vier Meerschweinchen in den Kasten A hineingesetzt. Der Dampf wird hineingeleitet.

16 Uhr Temp. im Kasten	35°	(mit Maximalthermometer gemessen)
17 › › › ›	32°	
$17^{1}/_{2}$ › › › ›	35°	Das Meerschweinchen A wird herausgenommen
$18^{1}/_{2}$ › › › ›	33°	› › B › ›
$21^{1}/_{2}$ › › › ›	33°	› › C u. D › ›

C und D sind sehr schwach. Zu dieser Zeit waren A und B noch sehr lebendig. 2. II. $8^{1}/_{2}$ Uhr C und D gestorben. B sterbend. Um 11 Uhr stirbt A.

A. Gewicht 550 g.

1. II. Vor dem Versuche Temp. 38,7°
Um 18 Uhr › 38,3°
2. II. › $8^{1}/_{2}$ › › $<35^{\circ}$
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 18,65 g [1]).

B. Gewicht 490 g.

1. II. Vor dem Versuche Temp. 38,5°
Um $18^{1}/_{2}$ Uhr › 39,5°
2. II. › $8^{1}/_{2}$ › › $<35^{\circ}$
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 17,60 g.

C. Gewicht 500 g.

1. II. Vor dem Versuche Temp. 37,6°
Um $21^{1}/_{2}$ Uhr › 37,9°
2. II. › $8^{1}/_{2}$ › gestorben
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 17,85 g.

D. Gewicht 520 g.

1. II. Vor dem Versuche Temp. 38°
Um $21^{1}/_{2}$ Uhr › 39°
2. II. › $8^{1}/_{2}$ › gestorben
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 14,85 g.

Versuch II.

3. II. Die Dampfzuleitung fängt an. Um $15^{1}/_{2}$ Uhr werden vier Meerschweinchen in den Kasten A gesetzt.

$15^{1}/_{2}$ Uhr Temp. im Kasten	17°	
16 › › › ›	22°	
$16^{1}/_{2}$ › › › ›	22°	
17 › › › ›	22°	Das Meerschweinch. A wird herausgenommen
$17^{1}/_{4}$ › › › ›	23°	› › B › ›
$18^{1}/_{4}$ › › › ›	23°	› › C › ›
$19^{1}/_{2}$ › › › ›	20°	› › D › ›

Alle Tiere sind den nächsten Tag sehr kurzatmig, am meisten das zuletzt herausgenommene. Die Kurzatmigkeit nimmt während der nächsten

1) Das Gewicht des Herzens und der Lunge eines normalen Meerschweinchens, das 735 g wog, wurde = 9,25 g gefunden.

Digitized by Google

Tage zu, um dann wieder abzunehmen, das Tierchen D ausgenommen, das am 5. II. stirbt.

A. Gewicht 1005 g.

3. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,2°
	16½ Uhr	»	39,3°
4. II.	8½ »	»	38,2°
	11 »	»	38,2°
	16½ »	»	38,7°
	21½ »	»	38,8°
5. II.	10 »	»	38,2°
	21 »	»	38,4°
6. II.	8½ »	»	38°
7. II.	8½ »	»	38,1°

B. Gewicht 590 g.

3. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,9°
	17½ Uhr	»	38,7°
4. II.	8½ »	»	38,7°
	11 »	»	38°
	16½ »	»	38,9°
	21½ »	»	38,3°
5. II.	10 »	»	38,3°
	21 »	»	38°
6. II.	8½ »	»	38°
7. II.	13 »	»	36,9°

Das Tier schwächer, kurzatmig
7. II. 8½ Uhr Tp. 36° mehr lebendig
8. II. sehr lebendig.

C. Gewicht 520 g.

3. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,2°
	18½ Uhr	»	38,2°
4. II.	8½ »	»	38,6°
	11 »	»	37,8°
	16½ »	»	38,7°
	21½ »	»	38,2°
5. II.	10 »	»	37,7°
6. II.	8½ »	»	37,6°
7. II.	8½ »	»	38,1°

D. Gewicht 650 g.

3. II.	Vor dem Vers.	Temp.	39,1°
	19½ Uhr	»	40°
4. II.	8¼ »	»	< 35,5° schlaff
	11 »	»	< 35,5°
	16 »	»	< 35,5°
	21 »	»	< 35,5°
5. II.	10 »	»	< 35,5°
	3 »		gestorben.

Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 15,10 g.

NB. Diejenigen Tiere, deren Tod nicht im Anschlufs zur Vergiftung angegeben ist, haben sich schnell erholt und sind nachher anscheinend vollständig gesund gewesen. Dies gilt auch für die nächsten Versuche.

Versuch III.

10. II. Vor dem Versuche ist für die Dampfzuleitung einige Stunden geöffnet gewesen. Um 13¾ Uhr werden vier Meerschweinchen im Kasten untergebracht.

13¾	Uhr	Temp.	im	Kasten	17°	
14	»	»	»	»	20°	
14½	»	»	»	»	25°	
15	»	»	»	»	25°	
15¾	»	»	»	»	27°	Das Meerschweinch. A herausgenommen
16½	»	»	»	»	29°	» » B »
17¼	»	»	»	»	29°	» » C »
19	»	»	»	»	25°	» » D »

Digitized by Google

A. Gewicht 700 g.

10. II. Vor dem Versuche Temp. 38,4°
15¾ Uhr » 38°
11. II. 8½ » < 35,5°
9¾ » gestorben
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 24 g.

B. Gewicht 625 g.

10. II. Vor dem Versuche Temp. 38,8°
16½ Uhr » 37,4°
11. II. 8½ » gestorben
noch warm
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 15,4 g.

C. Gewicht 570 g.

10. II. Vor dem Versuche Temp. 38,2°
17¼ Uhr » 36,2°
11. II. 3 » gestorben
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 23,2 g.

D. Gewicht 625 g.

10. II. Vor dem Versuche Temp. 38,8°
19 Uhr » 37,6°
11. II. 8½ » < 35,5°
13 » gestorben.

Versuch IV.

15. II. Wie vorstehend. Um 13 Uhr angefangen.

13 Uhr Temp. im Kasten	25°	
13h 25' » » »	26°	
13h 40' » » »	24°	
14 Uhr » » »	29°	
14½ » » » »	25°	
15 » » » »	32°	Meerschw. A herausgenommen
15½ » » » »	20°	
16 » » » »	24°	» B »
17 » » » »	26°	» C »

A. Gewicht 550 g.

15. II. Vor dem Versuche Temp. 38,1°
15 Uhr » 38°
16. II. 8½ » » 38,3°
ein wenig kurzatmig
17. II. 8½ Uhr Temp. < 35,5°
18. II. }
19. II. } sehr kurzatmig » < 35,5°
20. II. gestorben
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 15,5 g.

B. Gewicht 375 g.

15. II. Vor dem Versuche Temp. 37,8°
16 Uhr » 38,7°
am Abend kurzatmig
16. II. 8½ Uhr Temp. < 35,5°
9½ » gestorben
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 12,4 g.

C. Gewicht 555 g.

15. II. Vor dem Versuche Temp. 38,6°
17 Uhr » 36,9°
schwach und schlaff, am Abend sehr kurzatmig
16. II. gestorben
Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 20,5 g.

Ich werde noch einen Versuch erwähnen, der teilweise mifslungen ist, da die Temperatur in einem Zeitraume, kürzer als 25 Minuten, 46° erreicht hatte.

Digitized by Google

Versuch V.

13. II. Wie oben. Um 13 Uhr 45 Min. angefangen.

13¾ Uhr	Temp.	im	Kasten	20°				
14 ›	›	›	›	28°				
14 h 10′	›	›	›	18°				
14½ Uhr	›	›	›	19°				
15 ›	›	›	›	29°				
15½ ›	›	›	›	21°	Das	Meerschw.	A	herausgenomm.
15 h 55′	›	›	›	19°				
16 h 20′	›	›	›	46°	›	›	B	›
16 h 55′	›	›	›	20°	›	›	C	›
17½ Uhr	›	›	›	19°	›	›	D	›

A. Gewicht 570 g.

13. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38°
	15½ Uhr	›	36,9°
14. II.	11 ›	›	38,2°
15. II.	16 ›	›	37,6°

Nachher Wohlbefinden.

B. Gewicht 600 g.

13. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,7°
	16 Uhr	›	38,8°
14. II.	sehr kurzatmig	›	< 36°
	15 Uhr	gestorben	

Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 20,7 g.

C. Gewicht 560 g.

13. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,5°
	17 Uhr	›	37,8°
14. II.	sehr kurzatmig	›	< 35,5°
	17 Uhr	gestorben	

Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 15,5 g.

D. Gewicht 540 g.

13. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,3°
	17½ Uhr	›	36,9°
14. II.	sehr kurzatmig		
15. II.	gestorben		

Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 21 g.

Bei allen den Tieren treffen wir einen gleichartigen Verlauf der Vergiftung. Gewöhnlich von der Zeit abhängig, die sie im Kasten eingesperrt waren, ist früher oder später eine starke Kurzatmigkeit eingetreten. Es ist dieses das einzige hervortretende Symptom. In den meisten Fällen hat man gesehen, dafs die Kurzatmigkeit zunahm. Die Tierchen wurden schlaff und kühl. Die Temperatur sank und der Tod trat ein. In einigen Fällen hat die Kurzatmigkeit einige Tage gedauert, hat darauf abgenommen, und die Tierchen schienen später sich vollständig erholt zu haben und sind mehrere Monate hindurch gesund gewesen. Die Frefslust scheint unter der Vergiftung bewahrt. Die Fäces waren von normaler Konsistenz. Es war kein Zeichen von Stomatitis, keine Salivation.

Die Sektion hat ebenfalls ein gleichartiges Bild gegeben. Die Lungen zeigten Vermehrung des Volums und Gewichtes, waren

Digitized by Google

stark rot. Die Konsistenz war fest. Hie und da sah man hellere Partien. An der Schnittfläche war das Gewebe stark rot. Man konnte eine sehr reichliche Menge blutgefärbter Flüssigkeit mit Luftblasen sparsam gemengt ausdrücken. Nur an einigen Stellen wurde das Gewebe von normalem Luftgehalt gefunden.

Mikroskopie (Formol, Alkohol, Paraffin, van Gieson und Hämatoxylin-Eosin) zeigt sehr bedeutende Injektion und ausgebreitete pneumonische Infiltration, indem sich in den Alveolen ziemlich zahlreiche, grofse einkernige Zellen finden. An einzelnen Stellen wurden Blutungen und atelectatische Partien gefunden.

Das Herz war grofs, blutgefüllt.

Übrige Organe haben nichts Abnormes dargeboten, besonders ist nichts Abnormes im Darme gefunden.

Die Untersuchung der gesamten Menge der Organe erwies Spur von Quecksilber.

[Die Organe der an der Vergiftung gestorbenen Tiere wurden in Formol gesammelt (diejenigen Stückchen ausgenommen, welche zur mikroskopischen Untersuchung benutzt wurden). Sie wurden am 6. V. 1902 an »V. Steins Laboratorium« gesandt. Hier wurde teils die Flüssigkeit untersucht, teils ein Viertel der Organe zur Untersuchung benutzt. Nach Destruktion organischer Stoffe, Behandlung mit Schwefelwasserstoff und Spaltung des Niederschlages wurde in der salzsaueren Lösung keine Änderung von darin gebrachten Kupferplättchen gesehen. Wurden diese Plättchen in Glasröhrchen erwärmt, kam in keinem von diesen ein Beschlag. Durch Erwärmung mit einer geringen Menge Jod entstand in dem Glase, wo die Platte von der Flüssigkeit angebracht war, eine eben sichtbare Ausfällung von Quecksilberjodid, in dem anderen aber nicht.]

Zum Vergleich wurden einige Versuche gemacht, bei denen der Dampf direkt, ohne Quecksilber zu passieren, in einen Kasten von derselben Gröfse wie *A* geleitet wurde. Auch die Röhre *F* wurde mit einer anderen umgetauscht. *E* war mit dieser Röhre verbunden, welche übrigens ganz wie bei den ersten Versuchen in den Kasten ausmündete.

Versuch VI.

1. II. Der Dampf wird einige Stunden vor dem Versuche durch den Kasten geleitet. Um 12 Uhr 25 Min. werden vier Meerschweinchen in den Kasten gebracht.

$12^1/_2$ Uhr Temp. im Kasten 37°
13 » » » » 40°

Digitized by Google

13 1/2 Uhr	Temp. im Kasten 36°					
14	»	»	»	»	36°	
14 1/2	»	»	»	»	35°	Das Meerschw. A herausgenomm.
15	»	»	»	»	34°	
15 1/2	»	»	»	»	30°	» » B »
16	»	»	»	»	29°	
16 1/2	»	»	»	»	31°	» » C »
17 1/2	»	»	»	»	31°	» » D »

A. Gewicht 650 g.

7. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,2°
	14 1/2 Uhr	»	39,2°
8. II.	8 1/2 »	»	38,3°
9. II.	11 »	»	37,6°

B. Gewicht 625 g.

7. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,3°
	15 1/2 Uhr	»	38,1°
8. II.	8 1/2 »	»	38,1°
9. II.	11 »	»	38,2°

C. Gewicht 365 g.

7. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,4°
	16 1/2 Uhr	»	37,7°
8. II.	8 1/2 »	»	38,4°
9. II.	11 »	»	38,1°

D. Gewicht 530 g.

7. II.	Vor dem Versuche	Temp.	38,2°
	17 1/2 Uhr	»	38,1°
8. II.	8 1/2 »	»	38,5°
9. II.	11 »	»	38°

Versuch VII.

10. III. Wie vorstehend. Der Versuch um 10 1/2 Uhr mit drei Meerschweinchen angefangen.

10 3/4 Uhr	Temp. im Kasten 28°				
11 h 10′	»	»	»	31°	
11 h 40′	»	»	»	37°	
12 Uhr	»	»	»	34°	
13 »	»	»	»	37°	
13 1/2 Uhr	Temp. im Kasten 34°				
14	»	»	»	»	34°
14 1/2	»	»	»	»	33°
15	»	»	»	»	30°
15 1/2	»	»	»	»	30°

Die Meerschweinchen herausgenommen.

A. Gewicht 450 g.

10. III.	Vor dem Versuche	Temp.	38°
	15 1/2 Uhr	»	37,5°
11. III.	8 1/2 »	»	38,2°
12. III.	8 1/2 »	»	38,3°

B. Gewicht 625 g.

10. III.	Vor dem Versuche	Temp.	38,1°
	15 1/2 Uhr	»	38°
11. III.	8 1/2 »	»	38°
12. III.	8 1/2 »	»	38,2°

C. Gewicht 460 g.

10. III.	Vor dem Versuche	Temp.	38,2°
	15 1/2 Uhr	»	37,4°
11. III.	8 1/2 »	»	38°
12. III.	8 1/2 »	»	38,4°.

Versuch VIII.

11. III. Wie oben. Der Versuch um 11 1/2 Uhr mit drei Meerschweinchen angefangen.

11 3/4 Uhr	Temp. im Kasten 37°				
12 h 10′	»	»	»	38°	
13 Uhr	Temp. im Kasten 39°				
13 1/2	»	»	»	»	35°

Digitized by Google

14 Uhr	Temp. im Kasten 34°	16 Uhr	Temp. im Kasten 33°
14½ »	» » » 36°	16½ »	» » » 33°
15½ »	» » » 34°		

Die Meerschweinchen herausgenommen.

A. Gewicht 575 g.			B. Gewicht 440 g.		
11. III.	Vor dem Versuche	Temp. 38,3°	11. III.	Vor dem Versuche	Temp. 38,2°
	16½ Uhr	» 37,5°		16½ Uhr	» 37,7°
12. III.	8½ »	» 37,3°	12. III.	8½ »	» 37,6°
13. III.	8½ »	» 37,9°	13. III.	8½ »	» 37,5°
14. III.	8½ »	» 37,6°	14. III.	8½ »	» 37,6°

C. Gewicht 475 g.

11. III.	Vor dem Versuche	Temp. 38,7°
	16½ Uhr	» 36,1°
12. III.	8½ »	» 37°
13. III.	8½ »	» 37,6°
	10 »	getötet.

Das Gewicht des Herzens und der Lungen = 7,7 g.

Die Temperatur im Kasten war in diesen letzten Versuchen, wie man oben sehen kann, durchschnittlich etwas höher als in der ersten Versuchsreihe. In den ersten Tagen waren mehrere Tiere deutlich kurzatmig. Sie haben sich doch bald erholt. Das am meisten heruntergekommene Tierchen C im Versuche VIII wurde getötet, nachdem eine erhebliche Besserung schon eingetreten war. Die Sektion zeigte: Herz von normaler Gröfse; in den Lungen waren viele normale Partien, andere Partien waren stark blutgefüllt und geschwollen. Die Mikroskopie dieser Stellen zeigte ausgesprochene Hyperämie und fleckweise Blutung in den Alveolen. Es war keine Leukocyteninfiltration in den Alveolen nicht um dieselben.

Aus der ersten Versuchsreihe geht hervor, dafs der Aufenthalt in einem Raume, der mit durchströmendem Dampf, durch Quecksilber geleitet, gesättigt ist, eine Vergiftung der Meerschweinchen bewirkt hat, die gewöhnlich mit dem Tode endigte.

In mehreren Fällen hat ein zweistündiger Aufenthalt bei 30° den Tod herbeigeführt, sicher sind 3, 4, 5 Stunden hinreichend. In einem Versuche war die Temperatur nicht über 23° gestiegen

Digitized by Google

und doch ist das Tier gestorben, welches 5 Stunden im Versuchskasten war. Die übrigen Tiere sind auch sehr krank gewesen, haben sich dem Anscheine nach vollständig erholt. Bei der Sektion wurde eine sehr bedeutende Volumenvermehrung der Lungen gefunden, derart, dafs die Lungen und das Herz zusammen etwa doppelt soviel als normal wogen. Diese Vermehrung ist teilweise durch vermehrte Blutfülle und Blutinfiltration verursacht, aber auch durch seröse Exsudation und Zelleninfiltration.

Die Versuche mit Dampf allein sind anders verlaufen. Hier haben die Tierchen einen Aufenthalt von ca. 5 Stunden in dem mit dampfgesättigter Luft gefüllten Kasten vertragen. Und doch war die Temperatur durchschnittlich höher als in den ersten Versuchen. Der Aufenthalt in dem Versuchskasten ist doch nicht ganz wirkungslos gewesen. Mehrere Tiere sind schwer krank geworden. Das getötete Tier hat ebenfalls Veränderungen in den Lungen dargeboten, die Blutfülle aber ist hier durchaus nicht verbreitet, auch wurde keine Pneumonie gefunden.[1])

Durch diesen Unterschied zwischen der ersten und zweiten Versuchsreihe haben wir erwiesen, dafs wir in dem ersten einer Quecksilbervergiftung gegenüberstehen.

Die Todesart ist hier eine andere gewesen als bei der gewöhnlich gesehenen akuten Vergiftung. Bei letzterer wird es angenommen, dafs das Quecksilber, nachdem es resorbiert ist, mit dem Blute herumgeführt wird und so seine Wirkung entfaltet, sei es, dafs der Tod durch eine Urämie, durch eine Einwirkung auf die Gefäfszentren oder durch eine Veränderung des Blutes verursacht wird. Der lokalen Wirkung hat man in dieser Beziehung keine grofse Rolle zugeschrieben. Anders bei unseren Versuchen. Man mufs hier annehmen, dafs das Quecksilber mit dem Dampf

1) Daraus geht hervor, dafs man vorsichtig sein mufs, wenn man Kranke mit starkem Dampf behandelt. Dieser kann, wenn er in Massen benutzt wird, Schleim aufquellen machen und durch Irritation vermehrte Sekretion geben. Das Sekret kann dann aufserdem aufquellend und durch seine Salze auflösend wirken. Aber durch zu reichlichen Dampf kann eine so starke Irritation entstehen, dafs sie, wie die Versuche zeigen, schädlich wirkt.

Digitized by Google

eine Irritation der feinsten Bronchien und Alveolen hervorgebracht hat, wodurch die Blutfülle und die Atelectase verursacht sind, worauf dann die seröse Exsudation und das Austreten von Zellen um und in die Alveolen gefolgt sind. Durch eine solche lokale Wirkung ist der Tod herbeigeführt. Man kann verstehen, dafs eine ganz geringe Menge Quecksilber auf diese Weise den Tod hervorrufen kann. In den Versuchen hat ja eine so geringe Menge eine Wirkung hervorgebracht, dafs man in der gesamten Menge der Organe auf die angeführte Weise nur Spuren nachweisen konnte.

Es ist im ganzen schwierig gewesen, zu erklären, wo und wie das Quecksilber in den Respirationsorganen resorbiert wird. Der Quecksilberdampf als solcher kann nicht resorbiert werden. Erst mufs er sich an der Schleimhaut verdichten, dann kann er mit Chlornatrium und Albuminstoffen lösliche Verbindungen geben, die resorbiert werden. Man sollte nicht glauben, dafs die Bedingungen für eine solche Ausscheidung da wären. Da die Exspirationsluft wärmer ist als die Inspirationsluft und also mehr Quecksilberdampf aufnehmen kann, sollte man glauben, dafs all der Quecksilberdampf die Respirationsorgane wieder verlassen würde.

Kunkel[1]) versucht die Resorption auf folgende Weise zu erklären. Er zeigte, dafs wenn man Wasserdampf in einem Raum verdichtet, in dem sich auch Quecksilberdampf findet, wird letzterer teilweise mitgerissen. In ähnlicher Weise wird das Quecksilber in den Respirationsorganen an den Stellen ausscheiden, wo eine solche Verdichtung vorgeht. Und dieses trifft man im Anfang der Inspiration, wenn die wärmere, dampfgefüllte Exspirationsluft der oberen Luftwege der kälteren Inspirationsluft begegnet. In unseren Versuchen mufs die Ausscheidung von Quecksilber weiter hinab in den Respirationsorganen stattgefunden haben, vielleicht wegen der Kombination von Quecksilber- und Wasserdampf.

1) Kunkel, a. a. O.

Digitized by Google

Der Zweck der Untersuchung war, zu prüfen, ob das Quecksilber die Ursache der im Krankenhaus entstandenen Vergiftung sein könnte.

Es scheint unstreitig eine grofse Übereinstimmung zu sein zwischen den Versuchsfällen und den unmittelbar nach dem Zerbrechen des Ventils entstandenen Fällen. In beiden Fällen ist der Mittelpunkt die Vergiftung in einem Leiden der Lungen zu suchen. Als Hauptsymptom treffen wir sowohl bei den stark angegriffenen Kranken als bei den Versuchstieren starke Kurzatmigkeit. Die kurz dauernde Steigerung der Temperatur bei den Kranken treffen wir nicht bei den Tieren, die im Gegenteil in der Regel Herabfallen der Temperatur zeigen. Die Sektion hat auch in beiden Fällen wesentliche Veränderungen in den Lungen erwiesen, besonders in deren feineren Verästelungen, übrigens ist aber hier ein Unterschied gefunden. Bei den Kindern finden wir ein Leiden der feinsten Bronchien, deren Epithel proliferiert und degeneriert ist, worauf eine Atelectase gefolgt ist. Bei den Versuchstieren ist die Blutfülle stärker und das Bild gleicht einer Pneumonie im Anfangsstadium. Der Unterschied ist doch nicht gröfser, als dafs man ihn teils durch den Unterschied zwischen Menschen und Tieren, teils durch die etwas verschiedenen Bedingungen erklären kann. Zum Beispiel war der Raum in dem Kasten mehr mit Dampf gefüllt als das Krankenzimmer.

Das negative Resultat der Quecksilberuntersuchung von F. F'.s Organen ist jetzt nicht mehr mit der Auffassung unvereinbar, dafs die Vergiftung durch Quecksilber hervorgerufen ist. Die Analyse der Organe von den Versuchstieren hat gezeigt, dafs nur ganz geringe Menge notwendig ist, um eine tödliche Irritation der Lungen zu bewirken.

Ein Gemisch von Quecksilberdampf und Wasserdampf kann also die Ursache der Vergiftung sein. Eine andere Ursache hat man nicht finden können. Es ist deshalb wahrscheinlich, dafs die Vergiftungsfälle wirklich auf diese Weise entstanden sind.

Man hat im Blegdamshospitale in verschiedener Weise versucht, eine Wiederholung der Vergiftung zu verhindern. Erstens

Digitized by Google

hat man noch ein Ventil angebracht, das, wenn der Druck ein Gewisses übersteigt, den Dampf ins Freie herausläfst. Zunächst hat man, da auch das Ventil versagen kann, denjenigen Teil der Kammer, wo das Reduktionsventil angebracht ist, vom anderen Teil, wo die Heizröhre sich befindet, abgesperrt.

Ich danke sehr dem Herrn Dr. V. Bie für seine freundliche Hilfe, dem Herrn Professor Dr. Sörensen danke ich für die Erlaubnis, die Krankengeschichten zu veröffentlichen.

Digitized by Google

Untersuchungen über die Abtötung von Bakterien durch schwache, therapeutisch verwertbare Ströme.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann** und **Franz Zierler**, russ. Zahnarzt
in Hamburg.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

(Mit Tafel I.)

Im Februar 1900 machte Herr Zierler im hygienischen Institut zu Würzburg die Beobachtung, dafs man wachstumsfreie Höfe auf einer besäten Agarplatte erhält, wenn man einen schwachen konstanten Strom mittels Platinelektroden durch die Agarmasse leitet. Besonders auffallend war die Wirksamkeit an der Anode, so dafs Herr Zierler alsbald versuchte, diese Beobachtung für die Praxis nutzbar zu machen, d. h. gangränöse Zahnpulpen durch die Anode zu sterilisieren. Über die überraschend guten Erfolge ist bisher nur kurz Mitteilung gemacht, ausführlich soll an anderer Stelle berichtet werden. Die folgenden Seiten bringen nur die in theoretischem Interesse von uns gemeinsam vorgenommenen Untersuchungen, um

1. Die Wirkung der Elektrosterilisierung durch Laboratoriumsversuche scharf festzustellen und den Grad der Wirkung zu ermitteln;

1) Die Arbeit war im Juli 1900 in ihren Grundzügen fertiggestellt, äufsere Umstände hinderten stets den Abschlufs, wir haben im Sommer 1902 alle wesentlichen Resultate nochmals nachgeprüft.

Digitized by Google

2. ihre Ursachen aufzudecken und nebenbei
3. die Aussichten einer weiter gehenden praktischen Verwertung der Entdeckung zu medizinischen Zwecken zu diskutieren.

I. Versuche über die Wirkung schwacher konstanter Ströme auf Bakterien.

A. Historisches.

Wie die Durchsicht der Literatur zeigte, ist schon ziemlich viel über die Wirkung elektrischer Ströme auf Bakterien gearbeitet worden. Wir besprechen dieselbe in folgendem kurz, soweit sie uns bekannt wurde, beschränken uns aber auf die Wiedergabe der Versuche, in denen konstante Ströme durch Kulturen oder Aufschwemmungen von Bakterien in der Weise geleitet wurden, dafs die Wirkung der beiden elektrischen Pole getrennt zur Geltung kam und beobachtet werden konnte.

Die ältesten guten Versuche[1]) sind 1883 von Cohn und Mendelssohn (Arbeiten aus dem bot. Institut in Breslau, Band III S. 141) mitgeteilt, bei denen in U-Röhren Cohnsche Nährflüssigkeit (1000 Wasser 5 K_2HPO_4, 1 $MgSO_4$, 0,5 $CaCl_2$, 10 Ammoniumtartrat) mit Bakterien infiziert der Wirkung des Stroms unterworfen wurde. Die beiden Schenkel des U-Rohres waren durch einen Gummischlauch und Quetschhahn verbunden, letzterer wurde abgeschlossen unmittelbar nach Beendigung des Versuches. Die Schenkel enthielten je ca. 15 ccm Nährlösung und wurden mit je einem Tropfen einer Bakterienaufschwemmung infiziert. Ein Unterschied zwischen sporenhaltigem und sporenfreiem Material wurde nicht gemacht, überhaupt keine bestimmte Bakterienart verwendet. Als wichtigste Resultate seien folgende angeführt: Am + Pol findet in 12—24 Stunden durch zwei kräftige Elemente eine Entwickelungshemmung und solche Veränderung des Nährbodens durch Säurebildung statt, dafs auch frisch ein-

1) Die noch älteren Versuche von Schiel: Elektrotherapeutische Studien, Deutsches Archiv f. klin. Medizin, Bd. XV, S. 190—194, sind noch nicht mit genügender Technik angestellt, es wird in ihnen stets das Aufhören der Bewegung als Zeichen der Abtötung von Bakterien angesehen.

Digitized by Google

gebrachte Bakterien sich nicht vermehren. Dagegen sind die Bakterien nicht getötet, aus der Anodenflüssigkeit auf frischen Nährboden gebracht, wachsen sie. An der Kathode war die Wirkung des Stromes wesentlich schwächer, zum Teil weil das daselbst auftretende Ammoniak, als phosphorsaure Ammoniakmagnesia gebunden, unlöslich zu Boden fiel.

Durch 5 kräftige Elemente wird an Anode und Kathode in 24 Stunden eine vollständige Sterilisierung hervorgebracht. Die Wirkung des Stroms wird als eine Wirkung der Elektrolyte aufgefafst, direkte Beweise für diese Ansicht werden aber nicht beizubringen versucht.

Apostoli und Laquerrière (Compt. rend. de l'acad. de Paris A. CX, 1890, p. 918), fanden, dafs ein konstanter galvanischer Strom, dessen beide Pole in geringer Entfernung voneinander in Nährbouillon eingetaucht werden, eine bakterientötende Wirkung hat. Diese Wirkung ist in erster Linie abhängig von der Intensität des Stromes, gemessen in Milliampère, die Dauer kommt weniger in Betracht. Ein fünf Minuten wirkender Strom von 300 M-A. vernichtet Milzbrandbakterien sicher, schwächere Ströme sind hierzu unfähig. Der erwähnte Erfolg erleidet keinen Eintrag, wenn die Wärmewirkungen des Stromes ausgeschlossen werden und wird allein durch den positiven Pol vermittelt, der bei alleiniger Einwirkung bereits mit 100—150 M-A. Stromintensität den bakterientötenden Effekt auslöst. Letzterer ist aber nicht eine direkte Folge der Stromwirkung, sondern er kommt, »wie Verfasser später darzuthun gedenken,« nur indirekt durch dieselbe zustande, indem der Strom durch elektrolytische Zersetzung der Nährlösung Säuren und Sauerstoff frei macht.

Prochownik und Späth (Deutsche med. Wochenschr. 1890, Nr. 26) konnten, wenn die beiden Pole in Aufschwemmungen der Bakterien eintauchten, keine abtötende Wirkung konstatieren, selbst wenn sie Ströme bis zu 250 M-A. mehrere Stunden einwirken liefsen. Bessere Resultate erhielten sie, als sie die Elektroden mit einer dünnen Agarschicht überzogen, letztere beimpften, im Brutschrank hielten und die gewachsenen Agarkulturen in Bouillon eintauchen liefsen, während sie den

Digitized by Google

Strom durchleiteten. Jetzt genügten bei Streptococcus und Micrococcus pyogenes 60 M-A. ¼ Stunde lang einwirkend, (aber nur an der Anode); 15—25 M-A. blieben (Versuchsdauer nicht angegeben) selbst an der Anode wirkungslos. Milzbrandsporen wurden an der Anode durch 200—230 M-A. in ½ bis 1 Stunde — aber nicht in ¼ Stunde getötet.

Für den wirksamen Körper an der Anode erklären die Verfasser das Chlor, das sie durch den Geruch nachwiesen. — Die Verfasser hoffen sterilisierende Wirkungen bei Affektionen von Uterus Urethra u. s. f. zu erreichen.

Nichts wesentlich Neues bringt die 1891 erschienene Arbeit von Verhoogen (Extrait du Bulletin de la société belge de Microkopie XVII, 1891, Nr. 9). Am positiven Pol ist wesentlich die Säure wirksam, am negativen (schwächer wirkenden Pol) kombiniert sich die Wirkung von Alkali und nascierendem Wasserstoff zur Schädigung aërober Arten.

Ganz ähnlich wie Zierler in seinen ersten Versuchen, haben auch Thiele und Wolf[1]) bei Gelegenheit ihrer schönen Untersuchungen über die bakterienschädigende Wirkung der Metalle mit besäten Agarplatten Versuche gemacht. Sie hatten — es interessieren uns hier nur die Versuche mit Platinelektroden — bei einer Stromstärke von 1,5 M-A. in 6 Stunden um die Anode sterile Höfe von 2,5— 3 cm Durchmesser, an der Kathode Höfe von 1,4 cm erhalten.

Die sechsstündige Anwendung von Strömen von nur 0,03 bis 0,04 M-A. gab nur unvollkommene Wachstumshemmung in der Umgebung der Elektroden.

Versuche mit kurzdauernder Anwendung schwacher Ströme haben die Autoren nicht mitgeteilt. Sie fassen die Wirkung des Stromes auf kochsalzhaltigem Nährboden an der Anode ohne besondere Versuche als Chlorwirkung auf, für die Wirkung der Kathode weisen sie kurz auf die Alkalizunahme an derselben hin. Doch bemerken sie ausdrücklich, »dafs bei komplizierter Zusammensetzung unserer gebräuchlichen Nährböden es nicht

---

1) Thiele und Wolf, Über die bakterienschädigende Wirkung der Metalle. Archiv f. Hygiene, XXXIV, S. 63.

Digitized by Google

ausgeschlossen erscheint, dafs auch durch den Stromdurchgang in diesen letzteren vielleicht sekundäre Verbindungen entstehen, deren Kenntnis uns zur Zeit vollkommen verschlossen ist.«

Wie man sieht, sind die Autoren einig, dafs der elektrische Strom durch seine elektrolytischen Zersetzungsprodukte erhebliche keimtötende Kraft, insbesondere an der Anode besitzt. Keiner der Autoren hat aber mit einer Zeitdauer oder Stromstärke experimentiert, die eine schmerzlose medizinische Anwendbarkeit dieser Wirkung ohne starke Gewebszerstörung in Aussicht stellt, keine Einigung, ja keine eindringenden Versuche existieren über die Frage, welche Stoffe die Abtötung bedingen, so dafs uns eine gründliche Bearbeitung des ganzen Gebietes lohnend erschien.

B. Eigene Versuche.

1. Wirkung auf sporenfreie Bakterien.

Grundversuch. Legt man mit Micrococcus pyogenes α aureus dichte Platten an unter Verwendung von Glasschalen von 9,3 cm Durchmesser und 8 ccm gewöhnlichem Nähragar (Bouillon, 1% Pepton, 0,5% NaCl, 1% Agar) und senkt darauf in die Agarmasse, welche eine ca. 1,2 mm hohe Schicht in der Schale bildet, in beliebiger Entfernung voneinander 2 Platinelektroden, so genügt die Zuleitung eines Stromes von 3,5 Milliampère (M-A.) während 10 Minuten, um an dem + Pol (Anode) sowohl wie an der Kathode eine energische Wirkung des Stromes zu erhalten.

Von dieser Stromwirkung sieht man zunächst nur einige Gasblasen und eine geringe Trübung der Umgebung der beiden Elektroden, kleine ca. 1,5 cm an der Anode, 1,0 cm an der Kathode im Durchmesser betragende Höfe, die sich langsam vergröfsern. (Vgl. S. 246.)

Bringt man nun die Schale in den Brutofen, so ist bis zum nächsten Tag (14—24 Stunden) die Platte auf das Dichteste mit Kolonien besät —, nur um die Anode ist ein scharfer Hof von 2 bis 3 cm, um die Kathode ein scharfer Hof von ca. 1—1,5 cm Durchmesser frei von Kolonien. Vom Anoden-

Digitized by Google

hof gilt dieser Satz ohne jede Ausnahme[1]), im Kathodenhof kommen recht häufig gegen die Peripherie einzelne Kolonien zur Entwicklung, eine kleine centrale Stelle pflegt aber auch hier meist wirklich frei zu bleiben.

Dieser »Grundversuch« gelingt mit allen sporenfreien Bakterien bei 3,5 M-A. und 10 Minuten langer Dauer. Wir haben ihn ausgeführt mit

1. Micrococcus pyogenes *α* aureus,
2. Streptococcus pyogenes,
3. Bacterium coli,
4. Bacterium typhi,
5. Vibrio cholerae,
6. Bacillus anthracis (sporenfrei).

Versucht man Stromstärke oder Wirkungsdauer des Stromes zu beschränken, so findet man nach 24 Stunden Einwirkung der Bruttemperatur auf mit Micrococcus pyogenes besäten Platten folgendes Resultat:

Nach 1 Minute Anodenhof 6 mm steril. Eher eine Zone abgeschwächten Wachstums darum.

Nach 2 Minuten Anodenhof 12 mm steril, mit deutlicher Zone verstärkten Wachstums umgeben.

Nach 6 Minuten Anodenhof 22 mm steril. (Platte abnorm dünn besät, so dafs die Verstärkung des Wachstums um den Hof stark hervortritt.)

Nach 8 Minuten Anodenhof 22 mm steril.

Nach 10 Minuten Anodenhof 20 mm steril. Der Agar ist an dieser Stelle etwas dicker, deshalb der Hof kleiner als bei 8 Minuten. Sowohl die 8 wie die 10 Minuten dauernde Elektrolysierung hat eine ganz auffallende Verstärkung des Wachstums an der Peripherie des Hofes hervorgebracht.[2])

---

1) Höchstens sieht man dann und wann einmal die eine oder andere gegen die Anodenaufsatzstelle vorgeschobene Kolonie, die einem besonders widerstandsfähigen Keim entstammt.

2) Der Kathodenhof hat bei 3 Minuten etwa 6 mm Durchmesser. Es liegen aber in der hellen Zone noch eine Reihe von Kolonien. Auffallend ist die starke Wachstumsvermehrung an der Peripherie des Hofes auf eine

Digitized by Google

Es mag gleich hier erwähnt sein, dafs wir uns natürlich bewufst waren, dafs das Freibleiben der Höfe von Kolonien zwei Gründe haben konnte:

1. Eine Abtötung der eingesäten Keime,
2. eine Verschlechterung des Nährbodens, welche, ohne die Keime zu töten, die Entwickelung derselben zu Kolonien hinderte.

Leicht liefs sich zeigen, dafs Abimpfungen aus der Nähe der Elektrodenaufsatzstellen selbst sofort nach Beendigung der 10 Minuten dauernden Stromdurchleitung entnommen und in frischen Nährböden übertragen steril blieben, ebenso gelang es nie, von dem steril gebliebenen Hof der nach 2 Minuten entwickelten Platte mit Erfolg einen frischen Nährboden zu beimpfen. Es fand also eine Abtötung der Keime in der Nähe der Elektroden statt.[1])

Impfte man nun in die Mitte des Anoden- oder Kathodenhofs sofort oder nach 24 Stunden frische Keime ein, so erhielt man meist ein kümmerliches Wachstum. Fand die Impfung sofort nach dem Aufhören der Stromdurchleitung statt, so konnte namentlich bei Beimpfung der punktförmigen Auflegestelle der Elektroden gelegentlich ein Wachstum ganz ausbleiben; je weiter von der Elektrode entfernt geimpft wurde, um so besser war das Wachstum. Beimpfungen des sterilen Hofes 24 Stunden nach dem Durchleiten ergab stets ein wenn auch geringes Wachstum. Hieraus folgt, dafs der Nährboden durch den Strom so verändert wird, dafs er auch frischen Keimen kein gutes resp. gar kein Wachstum gestattet.

Betrachtet man die Begrenzung eines sterilen Anodenhofes nach 48stündigem Wachstum der Platte genauer, so zeigt sich fast regelmäfsig, dafs die Kolonien, welche den Hof umgeben, sich von

---

Breite von 0,5 cm. — Ein Kathodenhof von 18 Minuten blieb vollkommen steril und war umgeben von einer 0,5 cm breiten Zone üppigsten Wachstums. Gegen die Peripherie des Hofes waren Büschel von Krystallen vorhanden.

1) In einigen Versuchen haben wir auch die Platten erst der Elektrosterilisation unterworfen, nachdem die Keime 24 Stunden lang gewachsen waren. Auch in diesem Falle waren Abimpfungen aus dem Gebiete des Anodenhofes steril, eine Übertragung eines Stückchens der Agarplatte vom Anodenhof in Bouillon ergab negative Resultate.

Digitized by Google

den gewöhnlichen Kolonien auf der Platte etwas unterscheiden und zwar ist die Randzone des Hofes (Zone I) von besonders grofsen, etwas dünn stehenden Kolonien gebildet[1]), dann folgt eine Zone II, in der die Kolonien normal dicht stehen, aber etwas gröfser sind als die gewöhnlichen, und endlich kommt die normal bewachsene Platte mit ihren dichten aber kleinen Kolonien. Gar nicht selten gestaltet sich aber das Bild der Platte noch komplizierter. Um die Zone II von verstärktem Wachstum kommt zuweilen noch eine Zone III mit abgeschwächtem Wachstum, und auf diese folgt zuweilen noch eine Zone IV, die wieder verstärktes Wachstum zeigt. Wir haben namentlich bei Bact. typhi und Micr. pyogenes dies häufig sehr schön gesehen.

Diese Zonen machten uns lange viel Kopfzerbrechen, bis wir durch Elektrolysierung unbesäter Platten ganz ähnliche Bilder erhielten. Der Anodenhof einer mit Lackmus blau gefärbten Agarplatte (8 ccm, 3,5 M-A., 10 Min.) zeigt direkt nach der Unterbrechung des Stromes einen absolut durchsichtigen 1,6 cm im Durchmesser haltenden, scharf begrenzten roten Hof[2]) um die Aufsetzstelle der Anode, der schon nach 2 Minuten eine feine opake Begrenzungszone und aufserhalb derselben eine helle klare, kaum gefärbte Randzone von ca. 2 mm Breite besitzt. In einer Stunde wandern allmählich die Grenzen des roten Hofes mit seiner opaken Begrenzungszone und der hellen Randzone weiter hinaus und der Hof erreicht etwa die Gröfse von 2,2 cm. Bis zum nächsten Tag hat sich der Hof noch um ein Erhebliches vergröfsert, jetzt sieht man aber häufig bei genauem Zusehen eine ganze Reihe konzentrischer hellerer und dunklerer schmalerer und breiterer Zonen. Dieselben können nur eine Erklärung haben: Durch die Elektrolyse entstehen am + Pol Chlor und Salzsäure, aufserdem sinkt der Gehalt an Salzen um beide Pole.[3])

1) Dann und wann — aber sehr selten bei sporenfreien Arten — entwickelt sich einmal eine Kolonie einige Millimeter gegen das Centrum vorgeschoben.

2) Auf ungefärbten Platten zeigte der Hof meist eine ganz zarte opake Trübung.

3) Ein Beweis für die Abnahme der Phosphate an der Kathode scheint darin zu liegen, dafs sich in den Kathodenhöfen Krystalle von basisch

Digitized by Google

Nach Unterbrechung des Stroms diffundieren zur Anode Salze und von ihr weg Säure und Chlor und erzeugen, indem sie sich mit verschiedener Geschwindigkeit fortbewegen, durch ihr Zusammenwirken Niederschläge von Salzen und Eiweifskörpern, die sich auflösen, verstärken und neu bilden können. Damit ist ein verschiedener Gehalt des Nährbodens an wichtigen Nahrungsbestandteilen und event. Bakteriengiften gegeben, und es ist sehr einleuchtend, dafs sich dies durch verschieden starkes Wachstum der Bakterien in den betreffenden Gebieten ausdrückt. Ganz ähnlich erklären sich die Zonen, welche an unbesäten Platten auch um den — Pol entstehen, es diffundieren verschiedene daselbst abgeschiedene basische Körper KOH, NaOH, $Ca(OH)_2$ mit verschiedener Geschwindigkeit, Niederschläge bildend und wieder auflösend, in die Umgebung. Auch um den Kathodenhof — ja noch reichlicher und schöner als an der Anode findet man eine Verstärkung des Kolonienwachstums. Wir haben dünnbesäete Platten gehabt, auf denen nach 24 Stunden ein Wachstum makroskopisch nur in der Umgebung des Kathodenhofes zu sehen war, nach 48 Stunden trat die begünstigte Zone um den Anodenhof auf und erst nach abermals 24 Stunden waren die wenig zahlreichen Kulturen auf der übrigen Platte deutlich zu sehen.

Sehr leicht gelang eine Abtötung in Flüssigkeit durch den Strom, als wir in eine Agarplatte mit einem erwärmten Reagensglas seichte Näpfchen eindrückten und in dieselben infizierte Bouillon brachten. Der Inhalt der Näpfchen (ca. $^1/_{10}$ ccm) wurde an der Anode stets steril bei der Abimpfung befunden, die Kathode wurde nicht untersucht.

Das gleiche Resultat hatten wir, als wir Abschnitte von 1 cm weiten Glasröhren auf eine Agarplatte aufsetzten und dieselben 1 mm hoch mit Pyogenesbouillon füllten. 3 M-A., die 10 Minuten

---

phosphorsaurem Kalk ausscheiden, aber nicht im Centrum des Hofes, sondern mehr gegen den Rand desselben; aus dem Centrum sind eben Salze entfernt, so dafs die entstehenden Alkalien wenig Material zur Bildung von Niederschlägen finden.

Die Anodenhöfe zeigen (es wurde nicht oft darnach gesehen) Ausscheidung von kleinen radiär angeordneten Krystallnadeln.

Digitized by Google

einwirkten, sterilisierten an der Anode völlig, die Kathode wurde nicht untersucht.

Ebenso machte die Sterilisierung des Inhaltes von Einstichkanälen in eine Gipsplatte keine Schwierigkeit. In eine Petridose voll erstarrtem Gypsbrei wurden 1,5 cm tiefe, oben 2 mm im Durchmesser zeigende Einstiche mit einem spitzen, konischen Eisen gemacht, dieselben mit Pyogenesbouillon gefüllt und die Platinanode hineingebracht. Die Kathode wurde etwa 3 cm entfernt auf die mit steriler Kochsalzlösung durchtränkte Gipsplatte aufgesetzt. Das Resultat war bei Anwendung von 3,5 M-A.:

Anode nach 5 Minuten noch nicht steril,
» » 10 » » » »
» » 15 » steril.

Der Versuch wurde zweimal wiederholt, einmal wurde schon nach 10 Minuten Abtötung erhalten, stets nach 15 Minuten. In den Stichkanal geht etwa $^1/_{20}$ ccm Pyogenesbouillon.

Endlich wurden sterilisierte Zahnwurzeln in den Gips eingebettet, mit Pyogenesbouillon gefüllt und die Anode mit 3 Milliampère einwirken lassen. Die vier ausgeführten Versuche ergaben nach 5 Minuten keine Abtötung, nach 10 Minuten dreimal Abtötung, nach 15 Minuten viermal, d. h. jedesmal Abtötung. In solchen Wurzeln ist die Menge der zu sterilisierenden Flüssigkeit natürlich minimal. Die Abimpfung erfolgte in der Weise, dafs erst eine Stichelung der Agarplatte mit der direkt aus der Zahnwurzel gezogenen Nadel gemacht wurde, sodann wurde die Nadel abgeglüht, aufs neue in das Wurzellumen eingeführt und eine zweite Impfstichelung gemacht.

Schlechte Resultate erhält man, sowie man gröfsere Flüssigkeitsmengen bei irgend einer Versuchsanordnung abtöten will.

2. Wirkung auf Bacillensporen.

Die folgenden Versuche sind zum gröfsten Teil an den aufserordentlich widerstandsfähigen Sporen eines Bacillus aus der Gruppe des Bacillus mesentericus vorgenommen[1]). Wir dürfen

1) Es ist dies der gleiche Organismus, den Herr Zierler 1898 aus gangränösen Zähnen isoliert zu haben glaubte. In neuerer Zeit hat Siebert

Digitized by Google

ruhig annehmen, dafs ein schwierigeres Sterilisierobjekt nicht so leicht gefunden werden kann, jedenfalls nicht unter den bekannten Arten. Die von uns verwendeten Sporen vermochten jedesmal eine Erhitzung auf 100° im Dampftopf 30 Minuten auszuhalten, stets überzeugten wir uns, dafs 5 Minuten langes Kochen ohne jede Einwirkung auf die Sporen war.

Die Resultate der Elektrosterilisierung auf der Agarplatte schienen auf den ersten Blick ganz die gleichen wie bei Micrococcus pyogenes und den übrigen untersuchten sporenfreien Mikroorganismen. Es entstanden beim Durchleiten von 3,5 Millampère durch eine dicht mit Sporen besäte Platte während 15 Minuten[1]) jedesmal grofse scheinbar sterile Höfe um die Anode (2—3,5 cm Durchmesser) und kleine um die Kathode nach 24 Stunden Verweilen im Brutschrank. Liefs man die Platten länger bei 37°, so wuchsen häufig vom Rande des Hofes Rasen über die sterilen Höfe, ein Beweis dafür, dafs die Veränderung des Nährbodens nicht hinreichend ist, um ungeschwächte Bacillen am Wachstum zu verhindern. Ebenso ergab die nachträgliche Einimpfung frischer Sporen in die Höfe stets ein, wenn auch verzögertes Wachstum. Recht oft (wohl bei genügend langem Aufenthalt im Brutschrank immer) traten auch auf den scheinbar sterilen Höfen neue Kolonien nachträglich auf, lange nicht in der Zahl zwar wie auf dem Gebiete aufserhalb des Hofes, aber doch so reichlich, dafs kein Zweifel daran sein konnte, dafs einige Prozente der Sporen der Stromwirkung entgangen waren. Die

---

gezeigt, dafs gangränöse Zähne mindestens in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle keine sporentragenden Bacillen beherbergen, womit die Existenz und Bedeutung des »Bacillus gangraenae pulpae Arkövy« sehr erschüttert ist. Viele neuere Versuche lassen es Herrn Zierler wahrscheinlich erscheinen, dafs viele Röhrchen des damals von ihm verwendeten Agars Sporen eines Organismus der Mesentericusgruppe enthielten. Da die gefundene Art in wesentlichen und auffälligen Merkmalen dem von Arkövy beschriebenen Organismus entsprach und eine derartige Sporeninfektion im Institut bisher nicht vorgekommen war, kam die Täuschung zustande. — Die morphologischen und biologischen Angaben über den Organismus bleiben natürlich bestehen.

1) Auch nach 10 Minuten wurden ähnliche nur weniger gute Resultate erhalten.

Digitized by Google

innersten Bezirke des Anodenhofs, etwa 3—4 mm im Durchmesser, blieben zwar meist steril, doch bedeckte sich der Kathodenhof ziemlich dicht mit Kolonien.

Ganz ähnliche Resultate erhielten wir mit Milzbrandsporen von 3 Minuten langer Kochresistenz; war auch der sterile Hof meist etwas gröfser, liefsen sich auch vom Centrum des Anodenhofes öfters sterile Gelatinebröckelchen entnehmen, so war doch von einer sicheren Sterilisierung im Anodengebiete nicht die Rede, einige Dutzend Kolonien gingen auch hier in der Regel nach und nach auf und Abimpfungen auf gute Nährböden ergaben meist ein positives Resultat.

Ähnliche Ergebnisse lieferte auch der folgende Versuch: Quer über eine Agarplatte wurden in Abständen von $^1/_2$ cm 17 kurze, mit Milzbrandsporen getränkte trockene Seidenfädchen ausgelegt. Auf jedes vierte Fädchen, vom Rande der Platte gerechnet, wurden die Elektroden 15 Minuten aufgesetzt und die Platte 48 Stunden bei 37° gehalten, hierauf zehn Tage bei Zimmertemperatur beobachtet. Das Resultat war: An der Anode blieben aufser dem berührten je zwei benachbarte Fäden frei von Wachstum, die entfernteren zeigten nach Mafsgabe ihrer Entfernung ein zunehmendes Wachstum. An der Kathode blieb aufser dem berührten nur je ein benachbartes Fädchen frei von Wachstum. In Bouillon gebracht, wuchsen aber auch aus den von den Elektroden berührten Fädchen Kulturen.

Auch bei dem Arbeiten mit den Sporen beobachteten wir häufig um die sterilen Höfe mehrere Zonen verstärkten und verminderten Wachstums.

Weitaus die besten Resultate erhielten wir beim Versuche, Sporen von »B. gangraenae pulpae« und B. anthracis abzutöten, wenn wir sie in der oben beschriebenen Weise in ausgebohrten Zahnwurzeln mit etwas Bouillon anfüllten und die Zahnwurzel in Gips einsenkten. Drei Versuche mit B. anthracis und ein Versuch mit »B. gangraenae pulpae« ergaben lauter positive Resultate, d. h. vollkommene Abtötung der Sporen auch bei Prüfung durch Übertragung in frische Nährböden.

Digitized by Google

Fassen wir die Resultate der Wirkung des Stroms auf die Bakterien und ihre Sporen kurz zusammen, so lautet das Ergebnis:

Sporenfreie Bakterien aller Art werden auf der Agarplatte in 15 Min. und auch schon in 10 Minuten durch einen Strom von 3,5 Millampère in einem erheblichen Umkreis um die Anode getötet, gleichzeitig wird der Nährboden so verändert, daſs auch nach einiger Zeit eingeimpfte Keime nur schlecht wachsen. An der Kathode ist die Wirkung schwächer, 10 Minuten genügen meist nur zur Abtötung eines erheblichen Prozentsatzes der Einsaat im Kathodengebiet, dagegen reichen meist 15 Minuten aus, Sporen werden selbst im Gebiet des Anodenhofes nur gröſstenteils vernichtet, mindestens einzelne Kolonien entwickeln sich nachträglich stets. Frisch eingesäte Sporen wachsen in dem scheinbar sterilen Anodengebiet mit verminderter Intensität, Abimpfungen aus dem Anodengebiet liefern fast stets Kulturen. — In dem ungemein engen Lumen eines Zahnwurzelkanales gelingt selbst die Abtötung von Sporen regelmäſsig.

II. Die Ursachen der Abtötung der Bakterien durch den Strom.

Thiele und Curt Wolff[1]) haben in einem schönen Versuch gezeigt, daſs der konstante elektrische Strom, der durch einen besäten Nährboden flieſst, ohne jede Wirkung bleibt, solange er in demselben keine elektrolytischen Zersetzungen verursacht, daſs also mindestens konstante Ströme bloſs durch ihre elektrolytischen Zersetzungsprodukte wirken.

Wir haben diesen Versuch in etwas veränderter Form — wie er ein möglichst vollständiges Analogon zu unseren übrigen Versuchen darstellt — angestellt und die Beobachtungen der genannten Autoren vollkommen bestätigen können. Wir leiteten durch eine mit Micrococcus pyogenes beschickte Platte den Strom von 5 M.-A. — wie Fig. 1 angibt — eine ganze Stunde lang. Die Schalen *A* und *C* waren mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, ihnen wurde der Strom durch Platin zugeleitet, während die

1) Über die Einwirkung des elektrischen Stromes auf Bakterien. Centralblatt f. Bakteriol., XXV, S. 650.

Digitized by Google

Elektroden, die den Strom der Platte *B* zuführten, mit erstarrter Gelatine gefüllte Glasröhren waren.

Es bildeten sich keine Höfe, weder bei *c* noch bei *d*, während wenn wir an Stelle von *A* und *C* infizierte Agarplatten stellten, sehr schöne Höfe um *a* und *f*, aber weder um *c* und *d* noch um *b* und *e* entstanden.

Damit war sicher gezeigt, dafs die Ursache unserer sterilen Höfe nicht eine Wirkung des Stroms selbst, etwa eine direkte

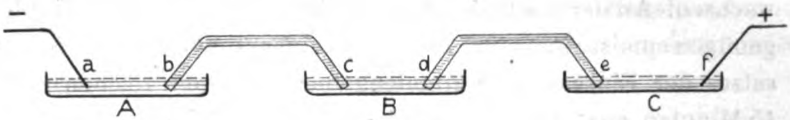


Fig. 1.

Funktion der Stromdichte u. s. f. sein konnte, sondern dafs sie in irgend welchen Umsetzungen gefunden werden mufsten, die an dieser Stelle stattfanden, wo die Platinelektroden in den Agar tauchten.

Ein weiterer Beweis, dafs mindestens neben einer etwaigen direkten Stromwirkung die Veränderung des Nährbodens eine Rolle spielt, liegt darin, dafs — wie oben erwähnt — eine nachträgliche Einimpfung in die Stellen von Platten, denen die Elektroden anlagen, ohne Erfolg ist oder doch nur ein kümmerliches Wachstum zur Folge hat. Selbst wenn man 24 Stunden nach der Elektrolysierung wartet, wächst meist nicht gerade viel auf den betreffenden Stellen — es ist also die Veränderung von Dauer.

Dafs auch die Stromdichte an dem Eintritte des Stromes in die Platte ganz gleichgültig ist, beweist der folgende Versuch:

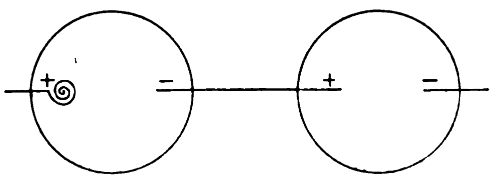


Fig. 2.

Es wurde der Strom in zwei ganz gleiche mit Micrococcus pyogenes besäte Agarplatten einmal so eingeleitet, dafs der

Digitized by Google

+ Platindraht stark aufgewunden war, während er in der anderen Platte punktförmig endete. Die Höfe an beiden positiven Polen waren völlig gleich.

Wir hatten nun zu erforschen, was für chemische Veränderungen durch den Strom in der Agarplatte hervorgerufen werden.

Wir beschäftigten uns ganz vorwiegend mit der Wirkung an der Anode, weil hier leichter und früher ein Hof auftrat und Zierler seine praktischen Desinfektionsversuche an Zähnen mit der Anode anstellte.

Platin ist an sich, in Agar oder Gelatine gelegt, ein vollkommen indifferenter Körper für die im Nährboden ausgesäten Bakterien, wie Thiele und Wolf gezeigt haben. Von Platinelektroden gehen ferner keine nachweisbaren Metallmengen in die Umgebung, wenn man einen schwachen Strom durch sie hindurchleitet. Nie gelang es, mit Schwefelammonium im Gebiete eines sterilen Anodenhofes ein Schwermetall nachzuweisen, wenn Platinelektroden verwendet wurden. Silber, Blei, Kupfer und andere weniger »edle« Metalle verhalten sich hierin bekanntlich anders.

An der Anode können beim Elektrolysieren von Agarplatten nach den Ansichten der Autoren auftreten: Sauerstoff, Ozon, Chlor und Salzsäure, da der Nährагar bei einem Gehalt von 1% Pepton, 1% Fleischextrakt und ½% Kochsalz in erster Linie als eine schwache Kochsalzlösung betrachtet werden darf.

Von diesen Körpern konnten wir Ozon resp. Sauerstoff in statu nascendi, dem wir anfangs eine grofse Bedeutung zuzuschreiben geneigt waren, sofort ausschliefsen, sowie wir methodische Versuche anstellten. Zu den Versuchen bedienten wir uns meist U-förmiger Glasröhren, die in der Mitte durch einen Gipspfropf verschlossen waren, der vollkommen ausreichte, um die Elektrolyte am positiven und negativen Pol zu trennen.

Füllte man etwas mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser in die U-Röhren, so ergab sich bei 3—30 M.-A. Stromstärke stets am + Pol nur Sauerstoff ohne Ozon. Weder war etwas von Ozon zu riechen, noch färbte sich ein JK-Papier blau, das man über

die Röhre hielt, noch gelang es im Inhalt des + Schenkels nach Aufhören des Elektrolysierens durch JK-Stärkezusatz eine Blaufärbung hervorzubringen. Es sei gleich bemerkt, dafs sich auch nicht durch verdünnte Eisenvitriollösung und Jodkaliumstärke nach Beendigung des Stromdurchgangs Wasserstoffhyperoxyd im + Schenkel finden liefs.

Auch als wir 3—5 ccm des Sauerstoffs auffingen und auf seinen Gehalt an Ozon prüften, war das Ergebnis negativ — es trat nur einmal eine zweifelhafte schwache Bläuung eines Jodkaliumpapierstreifchens ein, das in die Gasmenge eingeschoben wurde. Dagegen überraschte uns die Thatsache, dafs der + Platinpol sofort nach dem Herausziehen aus der Flüssigkeit, an JK-Stärkepapier abgerieben eine blaue Spur auf demselben erzeugte. Es scheint also eine Spur aktiver Sauerstoff oder Überschwefelsäure auf der Platinoberfläche kondensiert.

Dafs aber auch etwa auftretende Ozonspuren ohne Bedeutung gewesen wären, bewiesen uns einige Versuche, die wir über die Wirkung des Ozons vornahmen. Wir leiteten einen schwachen Sauerstoffstrom aus einer Bombe durch eine mit einem Ruhmkorff verbundene Ozonisierungsröhre; der Sauerstoffstrom roch stark nach Ozon, derselbe blieb aber ganz wirkungslos als wir ihn aus einer spitz ausgezogenen Röhre in oder auf eine mit Micrococcus pyogenes infizierte Agarplatte strömen liefsen, ebensowenig trat eine Wirkung ein, als wir den Gasstrom 3 Minuten durch geschmolzene Gelatine mit Micr. pyogenes leiteten, obwohl die Gelatine nachher stark nach Ozon roch. — Der Versuch, den Ozongehalt unseres Sauerstoffstroms, der JK-Stärke momentan bläute, zu bestimmen, ergab, dafs aus einer JK-Lösung in der Minute soviel Jod freigemacht wurde, wie 0,3 $^1/_{100}$ Natriumhyposulfit entsprach. Daraus berechnet sich, dafs der Sauerstoffstrom etwa $^1/_4$% Ozon enthielt. — Bei der Unwirksamkeit dieser zwar kleinen, aber so enorm sinnfälligen Ozonmengen ist das Ozon als wirksamer Faktor bei unserer Art Elektrolysierung auszuschliefsen.

Leitet man den Strom statt durch verdünnte Schwefelsäure durch eine $^1/_2$proz. Chlornatriumlösung, so erhält man am positiven Pol sehr rasch die Blaufärbung eines darübergehaltenen

Digitized by Google

JK-Stärkepapiers, es kommt dies aber nicht von Ozon, sondern von Chlorbildung, wie schon die Nase sofort zeigt. Neben der Chlorbildung tritt eine durch Indikatoren leicht nachweisbare Bildung von Salzsäure auf, welche sich durch die modernen Anschauungen über die Vorgänge bei der Elektrolyse ohne weiteres erklären läfst.

Da unser Agar und Bouillon in erster Linie als $^1/_2$proz. Chlornatriumlösungen vom Standpunkte der Elektrolyse aus zu betrachten sind, Salzsäure und Chlor aber als starke Desinficientien, so war zu betrachten:

1. Wieviel Salzsäure und Chlor unter verschiedenen Bedingungen bei den verwendeten Stromstärken von circa 3,5 M. A. in 15 M. gebildet wird.
2. Wie sich diese Produkte gegen Agar und Bouillon verhalten.
3. Welche antibakterielle Wirkung sie einzeln und zusammen entfalten und endlich, ob
4. die gefundenen Wirkungen ausreichen, um die Wirkung des Stromes zu erklären.

Wir haben dieses Programm durchgearbeitet und teilen in Kürze die Resultate mit.

a) Bestimmung der Chlor- und Salzsäuremengen.

Es wurde, wie oben beschrieben, ein U-Rohr in der Mitte mit einem Gipspfropf als Diaphragma versehen und in jeden Schenkel 10 ccm 1proz. Chlornatriumlösung eingefüllt. Ein besonderer Versuch ergab, dafs der Gipspfropf auch in 24 Stunden die Reaktion der Chlornatriumlösung nicht beeinflufste. Ebenso wurde festgestellt, dafs die Menge Chlor, die an der Anode gasförmig entwich, praktisch nicht in Frage kommt. Wir saugten mehrmals diese Chlormengen durch JK-Lösung, stets reichte $^1/_{10}$ ccm $^1/_{100}$ Natriumhyposulfit zur Bindung des Jods aus.

Der Anodenschenkelinhalt wurde nach 10 Minuten langer Elektrolysierung erst ausgegossen, mit JK versetzt nnd mit $^1/_{100}$ Natriumhyposulfit, das durch das Chlor in Freiheit gesetzte Jod bestimmt.

$$J_2 + 2\,Na_2\,S_2\,O_3 = Na_2\,S_4\,O_6 + 2\,Na\,J.$$

Digitized by Google

Diese Titrierung ändert die Acidität der Flüssigkeit nicht und gestattet, eine Säurebestimmung mit $^1/_{100}$ Normalnatronlauge direkt folgen zu lassen (Indikator Phenolphthaleïn).

Das Ergebnis, tabellarisch zusammengestellt, war — wobei die Zahlen für die Bestimmung der Alkalescenz an der Kathode gleich auch mitgeteilt sein sollen:

Dauer der Elektrolyse 10 Min. Stromstärke 3,5 MA.

Kathode	Anode	
Alkalescenz $= \frac{x}{100}$ Säure	Chlor $= \frac{x}{100}$ Normal-hyposulfit	Säure $= \frac{x}{100}$ Normal-natronlauge
2,25	0,75	1,95
1,9	0,9	1,9
2,0	0,95	1,6
2,2	—	1,5

Es wurde hierauf 60 Minuten elektrolysiert und erhalten

12,7	5,4	9,0

was für 10 Minuten

2,1	0,9	1,5

entspricht, welcher Wert besonderes Vertrauen verdient und im folgenden zu Grunde gelegt ist.

Da die gebildete Chlor- + Salzsäuremenge äquivalent der Natronhydroxydmenge sein mufs, 1 ccm $^1/_{100}$ Normalhyposulfit aber 1 ccm $^1/_{100}$ Normalsalzsäure entspricht, so sollte die an der Kathode gefundene Alkalizahl = Säurezahl + Chlorzahl sein. Es ist dies aber niemals der Fall, sondern stets ist Chlorzahl + Säurezahl > als Alkalizahl, selbst in dem besonders gut gelungenen letzten Versuch, was vielleicht mit der Wahl des Phenolphthaleïns als Indikator zusammenhängt.

Die gefundene Säure- und Chlormenge ist immerhin eine recht bescheidene:

0,9 $^1/_{100}$ Natrumhyposulfit entspricht $0,9 \cdot 0,35$ mg = 0,32 mg Chlor
1,5 $^1/_{100}$ Normalsäure . . . . . $1,5 \cdot 0,36$ mg = 0,54 mg HCl.

Das Verhältnis des Chlors zur Salzsäure ist etwa das von 3 zu 5.

Digitized by Google

Ohne weiteres ist verständlich, dafs solche Mengen, in 10 ccm Bouillon gelöst, keine abtötende Wirkung hervorbringen, dafs aber auf der Platte, wo sich das Desinficiens nur in eine kleine Schicht Nährboden verbreitet, die Wirkung beträchtlicher sein kann. Wir haben nun die Gröfse eines Hofes und seine Masse berechnet und angenommen, dafs derselbe die gesamte Elektrolytmenge absorbiere. Dabei kommen wir zu nicht unansehnlichen Gehalten.

Zum Plattengufs fand bei allen Hauptversuchen genau 8 ccm Agar Verwendung, die Plattenoberfläche betrug 63,6 qcm, woraus sich eine Plattendicke von 1,26 mm ergibt.

Ein Hof von 2 cm Durchmesser hat 3,15 ccm Oberfläche und 394 cmm Masse = rund 0,4 ccm. (Eine Wägung eines Hofes ergab 409 mg.) Ein Hof von 2,5 cm Durchmesser hat 4,9 qcm Oberfläche und enthält 612 cmm, er wog 624 mg. Als mittleres Volumen eines Anodenhofes haben wir im folgenden 0,5 ccm angenommen.

In einem halben Kubikcentimeter Nährboden finden sich an der Anode in 10 Minuten:

Chlor entsprechend 0,9 $^1/_{100}$ Normalchlorlösung,
Freie Salzsäure . . 1,5 $^1/_{100}$ Normalsalzsäure.

Das macht für den Inhalt eines Röhrchens von 8 ccm bei 10 Minuten dauernder Elektrolysierung

1,44 $^1/_{10}$ Normalchlorlösung resp. 5,4 mg Chlor,
2,4 $^1/_{10}$ Normalsalzsäure resp. 8,76 mg HCl,

für 15 Minuten das Eineinhalbfache, d. h.

2,1 $^1/_{10}$ Chlor,
3,6 $^1/_{10}$ Normalsäure.

Es galt nun, die Wirkung solcher Mengen von Chlor und Salzsäure zu prüfen:

Wir versetzten dazu Bouillon- und Agarröhrchen mit wechselnden Mengen von sterilisierter $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure und frisch bereitetem $^1/_{10}$ Normalchlorwasser. Bei dem letzteren hatten wir uns durch Titrierung von der fast absolut neutralen Reaktion überzeugt. Die Beobachtung beschäftigte sich immer damit, ob

Digitized by Google

die so versetzten Nährböden frei von Kolonien blieben und ob der Kolonienmangel durch **Abtötung** der Keime oder blofse Entwicklungshemmung bedingt sei. Es wurde deshalb stets von den mit dem Desinficiens versetzten Röhrchen nach 24 Stunden auf ein frisches übergeimpft.

Von den vielen Versuchen teilen wir vier Reihen mit:

Versuche mit Mikrococcus pyogenes.

Einimpfung einer Öse aus einer 24 Stunden alten Pyogenesbouillonkultur in 8 ccm Agar mit verschiedenen Zusätzen. Sofort Platte gegossen.

Zusatz zum Agar	Wachstum auf der Platte nach 48 Std.				Resultat der Einimpfung eines Plattenstückchens in Bouillon nach 48 Std.			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0,3 NS	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2 NS	0	0	0	+	0	0	0	+
0,15 NS	+	0	+		+	0	+	
0,1 NS				+				+
1,5 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	0	0	0	0	0	0	0	0
1,0 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	0	0	0	0	0	0	0	0
0,75 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	+	0	+		+	0	+	
0,5 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$				+				+
0,3 NS + 1,5 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2 NS + 1,0 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	0	0	0	0	0	0	0	+
0,15 NS + 0,75 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	0	0	0		0	0	0	
0,1 NS + 0,5 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$				+				+

Versuche mit Mikrococcus pyogenes.

Einimpfung einer Öse einer 24 Stunden alten Pyogenesbouillonkultur in 8 ccm Bouillon mit verschiedenen Zusätzen. Beobachtungsdauer 48 Stunden, dann Strichabimpfung auf Agar.

Digitized by Google

Zusatz zur Bouillon	Wachstum in der Bouillon nach 48 Std.				Resultat einer Abimpfung von der Bouillon auf den Agar			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0,3 NS	0	+	+	0	0		+	0
0,2 NS	+	+	+	0	+		+	0
0,15 NS	+	+	+	+	+		+	+
0,1 NS								
1,5 N Chlor	0	0	0	0	0	fehlt	0	0
1,0 N Chlor	+	0	0	0	+		0	+
0,75 N Chlor	+	0	0		+		+	
0,3 NS + 1,5 N Chlor	0	0	0	0	0		0	0
0,2 NS + 1,0 N Chlor	0	0	0	0	+		0	0
0,15 NS + 0,75 N Chlor	+	+	+		+		+	

Kurz zusammengefaſst, lauten diese Resultate:

Auf Agarplatten wird Mikrococcus pyogenes sicher abgetötet, wenn zugesetzt wird zu 8 ccm Agar:

1. 0,3 NS
2. oder 1,5 $^1/_{10}$ N Chlor oder 1,0 $^1/_{10}$ N Chlor
3. oder die Kombination

   0,3 NS + 1,5 $^1/_{10}$ N Chlor
   0,2 NS + 1,0 $^1/_{10}$ N Chlor
   0,15 NS + 0,75 N Chlor.

Nur einmal wurde bei Zusatz von 0,2 NS + 1,0 $^1/_{10}$ N Chlor keine absolute Abtötung erhalten.

In Bouillon wird Mikrococcus pyogenes durch die angewendete Säure allein nicht abgetötet, dagegen tötet der Zusatz von $1{,}5\ \frac{\text{N Chlor}}{10}$ zu 8 ccm Bouillon sicher ab, ebenso 0,3 NS + $1{,}5\ \frac{\text{N Chlor}}{10}$, meist auch 0,2 NS + 1,0 N Chlor.

Es erscheint also die Wirkung, namentlich der Säure allein, auf Agarnährböden eine wesentlich kräftigere, wofür eine sichere Erklärung nicht gegeben werden kann[1]). Im allgemeinen wirken

1) Für die Erklärung dürfte zu beachten sein, daſs zur Trübung eines Bouillonröhrchens das Überleben eines Keimes ausreicht, daſs also mindestens teilweise die stärkere Wirkung auf Agar eine Täuschung ist, da die schwache Entwicklung eines Keimes auf einer Agarplatte leicht übersehen wird.

Digitized by Google

die Konzentrationen von Säure + Chlor, wie sie in den sterilen Höfen der Agarplatten vorhanden sein können, bei 15 Minuten und 10 Minuten lange dauernder Einwirkung von 3,5 M-A. sterilisierend — was zu zeigen war.

Von den beiden zusammenwirkenden Stoffen Chlor und Salzsäure kommt dem Chlor die stärkere Wirkung bei den vorhandenen Mengen zu.

Versuche mit sehr widerstandsfähigen Sporen eines Bacillus der Mesentericusgruppe.

Einimpfung einer Öse einer dicken Sporenaufschwemmung in 8 ccm Agar mit verschiedenen Zusätzen. Sofort Platten gegossen.

Zusatz zum Agar	Wachstum auf der Platte nach 48 Std.			Resultate der Einimpfung eines Plattenstückchens in Bouillon nach 48 St.		
0,32 NS	0	0	0	+	+	+
0,2 NS	0	0	0	+	+	+
0,1 NS	+			+		
1,5 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	+	0	0	+	+	+
1,0 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	+	0	0	+	+	+
0,5 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	+		+	+		+
0,32 NS + 1,5 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	0	0	0	+	+	+
0,2 NS + 1,0 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$	0	0	0	+	+	+
0,1 NS + 0,5 $\frac{\text{N Chl.}}{10}$		0	0		+	+

Über die Versuche in Bouillon ist nur zu sagen, dafs auf die obenstehenden neun Zusätze hin jedesmal in 8 ccm Bouillon das Wachstum ausblieb, dafs aber Überimpfung aus der scheinbar sterilen Bouillon auf frische Agarplatten stets erfolgreich war.

Es ist also — ganz in Einklang mit den Ergebnissen der Elektrosterilisierung — durch die auf den Platten entstehenden Chlor- und Salzsäuremengen wohl eine Hemmung der Sporen-

Digitized by Google

keimung aber keine vollständige Abtötung der Sporen zu erreichen. Nicht näher untersucht wurde, ob ein Teil der Sporen abstirbt oder nicht.

Demnach beweisen all' unsere Versuche übereinstimmend, dafs die Chlor- und Salzsäuremengen, wie sie an der Anode auftreten, vollkommen die Wirkung des Stromes erklären.

Es war nun noch als experimentum crucis zu zeigen, dafs die Stromwirkung an der Anode vollkommen ausbleibt, wenn es gelingt, die an der Anode auftretenden Elekrolyte bei ihrer Entstehung zu binden.

Wir verwendeten zu diesem Zwecke eine Anode aus Blei, teils Bleischwamm, teils einfach einen blankgescheuerten aufgerollten Bleiblechstreifen. Das Blei bedeckte sich bei dem Durchleiten des Stromes von 3,5 M-A mit einem ziemlich dicken weifsen Beschlag, der sich durch seine Löslichkeit in heifsem Wasser, seinen Blei- und Chlorgehalt als Chlorblei zu erkennen gab. Die Absorption von Chlor war eine vollkommene, eine Bleianode in eine Kochsalzlösung eintauchend, liefs gar keine Spur von Chlorentwicklung auftreten, ein Zusatz von Jodkalium nach dem Elektrolysieren gab zu keiner Jodentwicklung Anlafs[1]). Auch auf dem kochsalzhaltigen Agar mufs das Chlor sehr vollkommen absorbiert worden sein, es trat schon bei Verwendung von Bleidraht kaum eine Andeutung von Gasentwicklung ein, keine Spur bei Verwendung von Bleischwamm.

Die Säurebindung durch Blei war bei der Bleidrahtanode nicht ganz genügend, es bildete sich auf Lackmusagar ein roter Hof um dieselbe. Dagegen war auch in dieser Beziehung die Leistung der Bleischwammanode vortrefflich, es trat keine Spur von Rotfärbung um dieselbe auf.

Nach diesen Resultaten war zu erwarten, dafs um eine Bleidrahtanode eine ganz geringe Stromwirkung auf Bakterien auf-

1) Dagegen zeigte die klare elektrolysierte Anodenflüssigkeit auf Zusatz von ein wenig JK einen gelben krystallinischen Niederschlag, der sich in mehr JK farblos löst. Das durch die Elektrolyse entstandene Chlorblei war z. T. im Kochsalzüberschufs gelöst gewesen, als gelbes Jodblei gefällt und im JK-Überschufs gelöst worden.

Digitized by Google

trete, um eine Bleischwammanode gar keine. Es bestätigte sich dies durch den Versuch glänzend. Während zwischen den Windungen einer Anodenbleispirale wohl Kolonien zur Entwicklung kamen, waren dieselben immerhin in ihrer Zahl merklich vermindert, eine Bleischwammanode zeigte dagegen nicht die Spur eines Hofes, die Kolonien wuchsen auf das Dichteste bis an den Bleischwamm heran.

Wir suchten hierauf nach Mitteln, um die Chlorwirkung und Salzsäurewirkung getrennt auszuschliefsen durch die Verwendung geeigneter Absorptionsmittel.

Für die Salzsäure verwendeten wir Platten, die mit 1- und 2proz. MgO und solche, die mit 1- und 2proz. Calciumkarbonat versetzt waren. Der Strom wurde 10 Minuten in der Stärke von 3,5 M-A. angewendet. — Auf den MgO-Platten gelang es, die Säurewirkung fast vollkommen auszuschliefsen, es trat nur eine ganz schwache Rötung um die Anode ein, auf der $CaCO_3$-Platte war die Rötung kräftiger. Aber auch die MgO-Platten lieferten um die Anode einen zwar kleinen, aber tadellos sterilen Hof, ganz ähnlich verhielten sich die Calciumkarbonatplatten. Das heifst: Ausschalten der Säurewirkung oder doch eines grofsen Teils der Säurewirkung hebt die Stromwirkung nicht auf, es ist das neben der Säure vorhandene Chlor ausreichend, um eine ähnliche, wenn auch beschränktere Wirkung hervorzubringen als Chlor + Salzsäure. Das stimmt mit unseren chemischen Versuchen.

Durch einen besonderen Versuch haben wir uns von der Wirkungslosigkeit des dabei entstehenden Chlorcalciums und Chlormagnesiums überzeugt. Ebenso wiesen wir direkt nach, dafs das MgO und $CaCO_3$ nicht auch das Chlor bindet, eine elektrolysierte Platte gab auf Übergiefsen mit Jodkaliumlösung eine starke Braunfärbung an der Anode von ausgeschiedenem Jod (s. u.).

Umgekehrt haben wir uns überzeugt, dafs eine Öse $^1/_{10}$ Normalchlorwasser, auf eine dicht besäte Pyogenesagarplatte gebracht, einen kleinen, absolut sterilen Hof erzeugt, ebenso entstehen um

Digitized by Google

kleinste Chlorkalkbröckelchen sterile Höfe, die von einem Ring ausgeschiedenen Calciumphosphats umgeben sind.

In einer zweiten Versuchsreihe prüften wir die Säurewirkung allein, unter Ausschaltung des Chlors.

Das Chlor suchten wir durch Beimischung von Hyposulfit zu dem Nährboden auszuschliefsen. Leider zeigte es sich, dafs schon Zusatz von 0,5% Natriumhyposulfit zum Nährboden nicht ganz ohne Einflufs auf das Wachstum war. Die Pyogeneskolonien waren auf solchen Platten immer weniger zahlreich, wenn auch — eben weil sie weniger zahlreich waren — üppiger.

Elektrolysierte man infizierte, $^1/_3$- bis $^1/_2$% Hyposulfit enthaltende Agarplatten, so entstanden die gleichen sterilen Höfe wie auf gewöhnlichen infizierten Agarplatten[1]). Und doch war alles Chlor gebunden. Leicht liefs sich zeigen, dafs eine 1 proz. NaCl-Lösung, mit $^1/_2$ proz. Natriumhyposulfit in einem U-Rohr mit Gypsdiaphragma elektrolysiert, an der Anode kein Chlor auftreten läfst, auf einer Hyposulfitagarplatte entstand ebenso bei sofortigem Übergiefsen der Platte mit JK-Lösung keine Braunfärbung an der Anode.

Auch als Pyogenesbouillon, mit 0,5 proz. Hyposulfit versetzt, wie auf S. 229 beschrieben, in Agarnäpfchen eingefüllt und elektrolysiert wurde, blieb die Anode steril, es schied sich dabei etwas Schwefel aus. Chlor konnte nicht auftreten.

Es fand also auch ohne Chloranwesenheit Sterilisierung durch den Strom in 15 Minuten durch die Säure statt — was mit den Ergebnissen der chemischen Versuche auf Agarplatten sehr gut stimmt.

Kurz berichten wir nur über die Verhältnisse an der Kathode. Die Höfe treten hier etwas schwieriger auf als an der Anode, resp. es ist etwas stärkerer Strom oder längeres Elektrolysieren notwendig, um die chemischen Veränderungen des Nährbodens genügend stark zu machen. An der Kathode tritt eine starke Alkalinität auf, nach den oben mitgeteilten Versuchen (S. 238) wird in Chlornatriumlösung eine Natronlaugen-

1) Es wirkte hier die Kombination von Säure und Natriumhyposulfit wohl etwas stärker als Säure allein gewirkt hätte.

Digitized by Google

menge, entsprechend 2,1 ccm $^1/_{100}$ Normallauge, in 10 Minuten gebildet, in einer anderen Versuchsreihe war 1,8 der Durchschnittswert.

Um einen Nährboden herzustellen, der in 8 ccm relativ eben soviel NaOH enthielt, wie der 0,5 ccm grofse Hof in 10 Minuten, mufste zu 8 ccm Agar $16 \cdot 2,1 = 3,4$ ccm $^1/_{10}$ NaOH, resp. 0,34 ccm Normalnatronlauge gesetzt werden. Die 15 Minuten dauernde Stromwirkung an der Anode war durch $1,5 \cdot 0,34 = 0,53$ ccm Normallauge auf 8 ccm Agar nachzuahmen.

Versuche über die thatsächliche Wirkung der Lauge auf den Mikrococcus pyogenes ergaben in dreimaliger Wiederholung folgendes:

8 ccm Agar + 0,25 NL.	Platten zeigen sehr zahlreiche Kolonien
8 ccm Agar + 0,35 NL.	Platten zeigen stark verminderte Kolonienzahl
8 ccm Agar + 0,53 NL.	Platten sind jedesmal steril.

Von den letzteren Platten blieb auch die Abimpfung in Bouillon jedesmal steril. Die Wirkung auf Sporen wurde nicht untersucht, da ja selbst die Kombination von Chlor und Säure, wie sie an der Anode auftritt, keine volle Abtötung hervorbrachte.

Nebenergebnisse.

Wir haben bei unseren Studien eine Anzahl nicht uninteressanter Nebenergebnisse gewonnen, die wir anhangsweise anführen.

Es erschien uns merkwürdig, dafs der Nährboden durch etwas Chlor und Salzsäure im Gebiete des Anodenbereichs für lange Zeit resp. bleibend so verändert wird, dafs nichts mehr darauf wachsen kann. Wir untersuchten deshalb, wie lange der Hof auf einer Agarplatte eine Reaktion auf Chlor und freie Salzsäure zeigt.

Die Säurereaktion besteht sehr lang. Auf einer unbeimpften Agarplatte (8 ccm), die durch Lackmus kräftig blau gefärbt war, entsteht in 10 Minuten durch einen Strom von 3,5 M-A. am + Pol ein intensiv roter Hof von 1,2 cm Durchmesser, der nach 30 Minuten 1,6, nach 14 Stunden 2,0 cm breit ist, der Hof ist noch

Digitized by Google

deutlich rot, aber nicht sehr scharf, nach 24 Stunden ist der Hof rot und verwaschen, nach 48 Stunden ganz verwaschen, rötlichblau. Der gleiche Versuch unter 15 Minuten langer Verwendung eines Stromes von 3,5 M-A. ergab ziemlich die gleichen Resultate, nur ist die Färbung des Anodenhofes nach 38 Stunden noch etwas kräftiger.

Der Hof an der Kathode hat ca. 1,8 cm im Durchmesser in seiner besten Entwicklung, er ist scharf begrenzt und zeigt eine deutliche Trübung, namentlich am Rande, durch Partikelchen, die mikroskopisch bei schwacher Vergröfserung nicht wahrnehmbar sind, die Alkalescenz des Agars war so stark, dafs der Kathodenhof nicht durch seine Farbe hervortrat.

Anders verhielt sich die Sache, wenn eine mit vielen Keimen (Mik. pyogenes) besäte Platte mit Lackmus gefärbt elektrolysiert wird, wir haben mit Mik. pyogenes genaue Versuche angestellt. Sofort nach der Elektrolysierung einer Agarplatte (8 ccm, 3,5 M-A., 10 Minuten) hat der rote Anodenhof einen Durchmesser von 1,5 cm, nach $^3/_4$ Stunden 2,2 cm, die äufsersten Millimeter des Hofes sind ganz durchsichtig blafsrot, das Innere des Hofes ist schwach opak getrübt. Die Einstichstelle der Anode ist farblos, schimmert vielleicht etwas bläulich.

Nach 14 Stunden im Brutschrank ist ein minimal opaker, 2,7 cm im Durchmesser besitzender, von Kolonien freier Hof entstanden, von lila Farbe. Nach 24 Stunden ist der Hof so blau wie die Platte, nur etwas blasser (vielleicht weil das Chlor etwas Lackmus zerstörte).

Eine Wiederholung des Versuches mit 8 ccm, 3,5 M-A., 15 Minuten ergab ganz ähnliche Resultate, der Anodenhof wurde einige Millimeter gröfser als bei 10 Minuten, zeigte seine rote Farbe noch kräftig nach 14 Stunden, merklich nach 24 Stunden, nach 36 Stunden war keine Rotfärbung mehr zu erkennen. Der Kathodenhof war scharf begrenzt, klein — er blieb nicht steril — und erreichte keine gröfsere Ausdehnung als 1,3 cm.

Sehr auffallend waren die Ergebnisse über das Verhalten des Chlors.

Digitized by Google

Übergiefst man direkt, nachdem man 10—15 Minuten mit 3,5 M-A. elektrolysiert hat, die Umgebung der Anode mit Jodkaliumlösung, so färbt sich der Hof braunrot, aber nur das Centrum deutlich, die Peripherie nur sehr schwach.

Nach 30 Minuten ist die Farbe verschwunden, das freigewordene Jod also gebunden. Übergiefst man den auf Nähragar entstandenen Anodenhof 30, 45, 60 Minuten nach dem Elektrolysieren mit JK-Lösung, so erhält man nach 30 Minuten nur schwache, nach 60 Minuten gar keine Verfärbung.

Elektrolysiert man JK-Agar, so entsteht an der Anode ein kleiner brauner Hof, der nach ½ Stunde verschwindet, ein anderes Mal wurde noch nach 1—1½ Stunden die Braunfärbung konstatiert, dann verschwindet sie.

Der Jod resp. Chlor bindende Körper scheint das Pepton zu sein. Wenigstens genügen sehr viel kleinere Mengen Chlorwasser oder Jodjodkalilösung, um peptonfreiem Agar einen Gehalt an freiem Chlor oder Jod zu verleihen, als für den gewöhnlichen Pepton-Agar nötig sind.

Zusammenfassung.

1. Durch 10—15 Minuten lange Einwirkung von Strömen von 3,5 M-A., die bei Einschleichen in den Stromkreis nahezu unfühlbar sind, läfst sich ein kleines Volum (wenige Zehntelkubikcentimeter) Flüssigkeit oder Nährboden in der Umgebung der Anode von sporenfreien Bakterien vollkommen befreien. Sporen werden nur dann vollständig getötet, wenn blofs sehr kleine Mengen Nährboden sterilisiert werden sollen, z. B. der Inhalt einer Zahnwurzel.
2. Die Wirkung der Anode ist allein bedingt durch die daselbst aus dem Kochsalz gebildeten Elektrolyte Chlor und Salzsäure.
3. Die gebildeten Chlormengen sind etwas stärker als die auftretenden Salzsäuremengen bei der Gesamtwirkung beteiligt.

Digitized by Google

4. Es läſst sich zeigen, daſs sich die Wirkung des Stromes an der Anode quantitativ genau nachahmen läſst durch die Wirkung der Menge von Chlor und Salzsäure, die der Strom erzeugt.

5. Der Strom ist an der Anode wirkungslos, sowie man durch Bleischwamm das gebildete Chlor und die Salzsäure im Entstehen bindet.

6. An der Kathode wirkt der Strom durch die gebildete Alkalimenge, seine Wirkung läſst sich durch Alkali quantitativ nachahmen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daſs wenig Aussicht besteht, in weitem Umfang die sterilisierende Wirkung der konstanten Ströme in der Medizin anzuwenden; über die erfolgreiche Anwendung unserer Resultate auf die Zahnheilkunde wird Herr Zierler an anderer Stelle berichten.

Zum Schlusse sprechen wir der Firma Gebbert, Reiniger und Schall in Erlangen unseren besten Dank aus für Gratisüberlassung einer kompendiösen sehr praktischen Batterie, mit der wir alle Versuche anstellten.

Erklärung der Tafel.

In allen Bildern ist der Anodenhof oben, der Kathodenhof unten.

Fig. 1. Elektrolysierte Agarplatte mit Aufschwemmung von Mikrococcus pyogenes. Nach 24 Stunden. Anoden- und Kathodenhof ohne Kolonien.

Fig. 2. Andere ähnliche Platte nach 4 Tagen. Verstärktes Wachstum um die sterilen Höfe.

Fig. 3. Elektrolysierte Agarplatte mit Sporen von Bacillus anthracis. Nach 7 Tagen. Anodenhof zeigt einzelne Kolonien und eine Zone verstärkten Wachstums in der Umgebung. Kathodenhof gröſstenteils überwachsen.

Fig. 4. Elektrolysierte Agarplatte mit Mikrococcus pyogenes. Nach 12 Tagen (die ersten 3 Tage bei 37°, dann Zimmertemperatur). War sehr

Digitized by Google

schwach besät, zeigt die Zone verstärkten Wachstums um die sterilen Höfe besonders schön.

Fig. 5. Elektrolysierte Agarplatte mit Mikrococcus pyogenes. Bleianode. Nach 48 Stunden. Im Gebiet der Bleianode Ablagerung von Chlorblei, ziemlich viele Kolonien, kein steriler Hof.

Fig. 6. Agarplatte mit aufgelegten Seidenfäden, an denen Milzbrandsporen angetrocknet waren. Platinanode am vierten Fädchen von oben. Platinkathode am dritten von unten. Nach 7 Tagen. Entwicklungshemmung in der Umgebung beider Pole.

Digitized by Google

Beitrag zur Kenntnis der Pestepidemiologie.

Ratten, Mäuse und ihre Ektoparasiten.

Vorläufige Mitteilung

von

Dr. **Carlo Tiraboschi.**

(Aus dem bakteriologischen Laboratorium des Königl. Gesundheitsamtes in Rom.)

In den letzten Jahren, wie bekannt, ist den Ratten und den Mäusen, bezw. ihren Ektoparasiten, namentlich aber den Flöhen, eine wichtige Rolle zugeschrieben worden. Im Auftrag unseres Vorstandes, des Herrn Prof. Dr. B. Gosio, bin ich seit einiger Zeit mit der geographischen Verteilung der Mus- und Arvicola-Spezies und ihrer Hautparasiten in den verschiedenen Gegenden Italiens beschäftigt. Ich werde demnächst die Ergebnisse meiner diesbezüglichen zahlreichen Untersuchungen ausführlich und vollständig veröffentlichen; bei dieser vorläufigen Mitteilung möchte ich nur drei Punkte erörtern, nämlich:

I. Können die Flöhe der Ratten und der Mäuse die Pest von Ratten auf Menschen übertragen?

II. Beschreibung einer neuen Flohspezies (Hystrichopsylla tripectinata n. sp.), welche auf einer Hausmaus (Mus musculus L.) von mir gefunden worden ist.

III. Differentielle Merkmale zwischen Mus decumanus Pall. und Mus alexandrinus Géoffr.; Verbreitung dieser letzteren in Italien.

Digitized by Google

I.

Seitdem vor ungefähr 5—6 Jahren die Forscher, welche die Pestepidemien in Indien und China eingehend studiert haben, die den Ratten und Mäusen zukommende schwerwiegende Rolle bei der Verbreitung dieser Seuche hervorhoben, ist in der Epidemiologie der Pest die noch gegenwärtig vielfach berührte Frage aufgestellt worden, ob und wie die Flöhe bei der Weiterverschleppung dieser Infektionskrankheit eine Rolle spielen und nämlich sowohl in Bezug auf die Übertragung unter den Ratten und unter den Menschen, als von Ratten auf Menschen. Dieser zuletzt genannte Teil der ganzen Frage ist eigentlich am meisten bestritten und bildet den Gegenstand dieses ersten Abschnittes.

Vor Allen war es Ogata[1]), welcher sein Urteil darüber mit folgenden Wörtern äufserte: »Die an Pestratten befindlichen Flöhe enthalten ebenfalls virulente Pestbacillen, die nach dem Tode der Ratten das Pestgift auf Menschen übertragen können.« Nach ihm wurde von Simond[2]) behauptet, dafs ». . . . la puce rencontrée communément sur le rat murin (dans l'Inde), transportée du rat sur l'homme ou sur le chien, les attaque immédiatement«, und ferner dafs »les diverses formes de la peste spontanée, chez l'homme et chez les animaux, relèvent ordinairement d'un seul mode d'infection, l'inoculation parasitaire intracutanée, et la puce paraît être l'intermédiaire habituel de la transmission«. — Hankin[3]), Sticker[4]), Yersin[5]), Loir[6]),

1) Ogata, Über die Pestepidemie in Formosa. Centralbl. f. Bakt. etc., Abt. I, Bd. XII, 1897.

2) P. L. Simond, La propagation de la peste. Annales Inst. Pasteur, 1898.

3) E. H. Hankin, La propagation de la peste. Ibidem.

4) Sticker, Über die Pest nach Erfahrungen in Bombay. Münchner med. Wochenschr., 1898. Derselbe, Über die Ansteckungsgefahren in der Pest. Wiener klin. Rundschau, 1898.

5) Yersin, Rapport sur la peste bubonique de Nhatrang. Ann. Inst. Pasteur, 1899.

6) Loir, Revue scientifique, 1900.

Digitized by Google

Curry[1]), Thompson[2]), Tidswell[3]), Zirolia[4]) in ihren darauffolgenden Mitteilungen haben mit mehr oder weniger Entschiedenheit die Lehre der parasitären Pestübertragung durch die Flöhe bestätigt, während Nuttall[5]), Gärtner[6]), Sticker[7]), Kolle[8]) und Galli-Valerio[9]) dieselbe zurückwiesen, resp. in Zweifel stellten.

Dafs die Flöhe der Ratten sowie der Mäuse auf den Menschen springen und ihn stechen, dies ist in unzweideutiger Weise von Simond erklärt, von Loir, Thompson und Tidswell bestätigt, aber von Nuttall und Galli-Valerio allein verneint worden. Letzterer war ferner der Einzige, welcher die verschiedenen, gewöhnlich auf den Ratten und Mäusen vorkommenden Floharten bestimmte, und in dieser Richtung hat er auch, jedoch nur an sich selbst, mehrere Versuche angestellt.

Seine Behauptung mufste somit durch in gröfserem Mafse auszuführende Versuche nachgeprüft werden.

Ich hatte die Gelegenheit, über eine kolossal grofse Anzahl von verschiedenen, aus mehreren Gegenden Italiens herstammen-

1) Curry, Bubonic plague. Boston med. and surg. Journal, 1901.

2) Thompson, J. A., A contribution to the aetiology of plague. The Journ. of Hyg., 1901.

3) J. Tidswell, Some pratical aspects of the plague at Sidney. Journ. of the Sanit. Inst. 1901.

4) G. Zirolia, Il bacillo della peste bubbonica nell' organismo delle pulci, Policlinico, 1902.

5) G. H. J. Nuttall, Zur Aufklärung der Rolle, welche die Insekten bei der Verbreitung der Pest spielen. Centralbl. f. Bakt., Abt. I, Bd. XXII, 1897. Zur Aufklärung der Rolle, welche stechende Insekten etc. Ibid. XXIII, 1898; Die Rolle der Insekten, Arachniden und Miriapoden etc. Hyg. Rundschau, Bd. IX, 1899; Note on the supposed transmission of plague by fleas etc. Journal of tropical med., 1902.

6) Gärtner, Bakteriol. u. parasit. Kongresse, 19. u. 20. Oktober 1899. Centralbl. f. Bakt., Abt. I, Bd. XXVI.

7) Sticker, Daselbst.

8) W. Kolle, Bericht etc. Zeitschrift f. Hyg. u. Inf., Bd. XXXVI, 1901.

9) B. Galli-Valerio, Les puces des rats et des souris jouent-elles un rôle important etc. Centralbl. f. Bakt. etc., Abt. I, Bd. XXVII, 1900. Quelques observations sur la transmission bubonique par les puces des rats et des souris. Ibidem, Bd. XXVIII; L'azione delle pulci dei ratti e dei topi nella trasmissione della peste bubbonica. Rivista d'Igiene etc., 1902.

Digitized by Google

den Ratten- und Mäusespezies zu verfügen, und durch diesen Umstand gelang es mir, zahlreiche lebende Exemplare der auf ihnen schmarotzenden Floharten zu besitzen.

Die nächstfolgende Tabelle soll die Häufigkeit der einzelnen Floharten darstellen:

Mus decumanus Pall. (Wanderratte)	**Ceratophyllus fasciatus** Bosc. (sehr reichlich) **Pulex serraticeps** Tschb. (reichlich) **Pulex irritans** L. (sehr spärlich) **Ctenopsylla musculi** Dug. (sehr spärlich).
Mus rattus L. (var. alexandrinus) (Hausratte und ägyptische Ratte)	**Ctenopsylla musculi** Dug. (sehr reichlich) **Ceratophyllus fasciatus** Bosc. (spärlich) **Pulex irritans** L. (sehr spärlich) **Pulex serraticeps** Tschb. (sehr spärlich) **Sarcopsylla gallinacea** Westn. (spärlich)[1].
Mus musculus L. (Hausmaus)	**Ctenopsylla musculi** Bug. (sehr reichlich) **Ceratophyllus fasciatus** Bosc. (sehr spärlich) **Hystrichopsylla tripectinata** m. (sehr spärlich).
Mus silvaticus L. (Waldmaus)	**Ctenopsylla musculi** (reichlich).
Arvicola arvalis Pall. (Feldmaus)	**Ceratophyllus fasciatus** Bosc.

Aus meinen zahlreichen Versuchen geht hervor, dafs der Ceratophyllus fasciatus Bosc., die Ctenopsylla musculi Dug. und die Hystrichopsylla tripectinata m. den Menschen gar nicht zu stechen pflegen.

Diese beiden Arten wurden von mir auf verschiedene Körperstellen, sowohl an mich als an andere Personen und auch an sehr junge Kinder, vorzugsweise dort, wo die Haut feiner und

1) C. Tiraboschi, La chique des oiseaux observée en Europe. Arch. de Paras., Paris. 1902. — Ich konnte zahlreiche ♀♀-Exemplare dieser Sand flöhe auf drei bis vier, aus drei verschiedenen Gegenden Italiens herstammenden, Mus alexandrinus Géoffr. auffinden; die Schmarotzer waren alle in die Haut des Tieres fest eingekeilt; dieses letztere schien von den Flöhen keine Schädigung zu empfinden. Dies möchte ich besonders hervorheben, dafs vor mir in Europa noch keine einzige Spezies des Genus Sarcopsylla entdeckt worden war, und ebenso wenig wurde die in Rede stehende Art auf Ratten jemals gefunden.

Digitized by Google

zarter ist, angelegt. In einigen Fällen schickte ich die sorgfältigste Abwaschung der betreffenden Hautpartie mittels gew. Alkohols voraus, den Alkoholgeruch beseitigte ich durch wiederholtes Abwaschen mit Wasser, wonach ich die so behandelte Stelle mit einem Leinenfetzchen abtrocknete und so lange tüchtig verrieb, bis eine starke Hyperämie auftrat. In der Mehrzahl der Fälle aber legte ich die Flöhe direkt auf die Haut an. Ich hielt sie entweder unter einem Glasröhrchen fest, oder liefs sie frei: dies geschah hauptsächlich, wenn es sich um Flöhe handelte, welche seit 2—3 Tagen kein Blut aufgesaugt hatten, und zwar aus dem Grunde, weil unter diesen Umständen solche Floharten, welche sogar bei den günstigsten Nahrungsverhältnissen durchaus nicht gut springen können[1]), zu jedem kleinen Sprung absolut unfähig sind. — In keinem der von mir angestellten Versuche habe ich jemals beobachtet, dafs ein einziger Floh, obwohl nach mehrtägigem, 1—2 oder sogar 3—4 Tage andauerndem Nüchternsein, die Versuchsperson stach und Blut aufsaugte; während dieser Zeitperiode starben sie lieber vor Hunger, als dafs sie sich mit Menschenblut ernährten. Als ich diese Flöhe unter dem Reagensglas festhielt, bemerkte ich stets, dafs sie ununterbrochen bemüht waren, nach der Spitze des Reagierröhrchens hinaufzukriechen; es schien mir, als ob die Tierchen die Berührung mit der Menschenhaut vermeiden wollten[2]).

---

1) Durch diese, von anderen Forschern nicht erwähnte Thatsache wird also die Häufigkeit der Pestübertragung unter den Ratten vermittelst der Flöhe verringert.

2) Galli-Valerio (loco cit., 1902) gibt an, dafs weder der Pulex goniocephalus Tschb. noch der P. avium (Syn. Ceratophyllus gallinae Schrank) ihn gestochen haben und ferner, dafs der Pulex erinacei Bouché ihn nur ganz leicht, indem derselbe unter einem Glasglöckchen festgehalten war, stach. Meinerseits aber mufs ich bemerken, dafs ich, sowie andere Versuchspersonen von zahlreichen P. erinacei mehrere Tage hindurch, und sogar zweimal täglich, gestochen worden sind: die Flöhe saugten sofort gierig und anhaltend das Blut auf, einige Bluttröpfchen sickerten nach und nach aus dem After heraus; niemals habe ich bei diesen Versuchen beobachtet, dafs die saugenden Flöhe Blutstrahlen hinausspritzten, wie sie vorerst von Zirolia bei den Pulex irritans und P. serraticeps, und gleichfalls von mir bei einigen spärlichen Exemplaren dieser beiden Arten

Digitized by Google

Auf das häufige Vorkommen des Pulex serraticeps Tschb. bei dem Mus decumanus Pall. (Wanderratte) möchte ich aufmerksam machen. Bisher war dieser Floh nur von Thompson (loco cit.) gefunden worden (unter neun auf Ratten des Sidney-Hafens gefangenen Flöhen waren sieben Ceratophyllus fasciatus und zwei Pulex serraticeps), so dafs Galli-Valerio (loco cit., 1902) behauptet, dafs »die Beobachtung Thompsons nur dem Zufall zuzuschreiben ist; bei zahlreichen von mir untersuchten Ratten fand ich niemals diese Spezies«. — Ich habe jedoch die nämliche Spezies auf mehreren Exemplaren von Mus decumanus aus verschiedenen Gegenden Italiens durchschnittlich in hohem Verhältnis, von etwa 1 : 3, gefunden.

Es ist nun wohl bekannt, dafs Pulex serraticeps Tschb. beim Sprung eine Lebhaftigkeit zeigt, die fast ebenso grofs ist wie bei P. irritans L., und dafs der erstere Floh gleich wie der letztere mit grofser Leichtigkeit und Begierde den Menschen sticht und Blut aufsaugt. In dem Pulex serraticeps Tschb. bleiben die Pestbacillen viele Tage lang (Zirolia, loco cit.) lebend und virulent erhalten.

Demzufolge ist die Behauptung wohl gerechtfertigt, dafs während eine direkte (durch den Stich herbeigeführte) Übertragung der Pest von der Ratte auf den Menschen durch den Ceratophyllus fasciatus Bosc. und die Ctenopsylla musculi Dug. nicht stattfindet, diese Art der Pestübertragung doch durch Pulex serraticeps Tsch. und Pulex irritans L. herbeigeführt werden kann, welche letztere Spezies auch auf Ratten und Mäusen, obwohl am seltensten, zu finden ist.

---

beobachtet worden sind. Hier möchte ich noch bemerken, dafs nach Lucet's Versuchen der Pulex avium auch das Blut von Menschen aufzusaugen vermag. Aus meinen Untersuchungen ergibt sich ferner, dafs die Flöhe der Fledermäuse und insbesondere die Ceratopsylla octoctena Kol. den Menschen nicht zu stechen pflegen. Über die Wichtigkeit der Fledermäuse für die Pestverbreitung s. Gosio, Sulla trasmissibilità della peste bubbonica ai pipistrelli. R. Acad. Lincei, XI, 1902.

Digitized by Google

II.

Vom Genus Hystrichopsylla Tschb.[1]) sind bisher drei Spezies beschrieben worden: H. obtusiceps Rits (Syn. H. talpae)[2]), H. americana Baker[3]) und H. Narbeli Galli-V.[4]). Die von mir entdeckte neue Flohspezies habe ich Hystrichopsylla tripectinata benannt, weil sie durch das Vorhandensein von nicht mehr als drei Stachelkämmen gekennzeichnet ist: der erste auf dem Kopfe, der zweite am Pronotum und der dritte auf dem 1. Abdominalsegmente.

Körper langgestreckt, kastanienbraun; Länge 3,5 mm (♂). **Kopf** (s. Fig. 1 u. 2). Oben zuerst geradlinig verlaufend, dann leicht und zuletzt stark nach unten hinten gebogen, und mit einer halbkugeligen, hellen Haube bedeckt.

An den Wangen ein Kamm mit 13 Stacheln, welche grofs, breit, dunkelfarbig sind, nach unten-hinten gerichtet und nach einer leicht eingebuchteten Linie verlaufen. Augenflecke kaum angedeutet, in der Nähe des Vorderrandes der seicht vertieften Antennengrube. Maxillen dreieckig; Glieder der Maxillartaster vom 3. zum 2., 4., 1. sich allmählich vergröfsernd. Zahlreiche Borsten am Kopfe, wovon einige zerstreut, andere reihenartig angeordnet sind.

Thorax (s. Fig. 1). Am hinteren Rande des Pronotum steht ein langer, aus 16—17 Stacheln jederseits bestehender Kamm; diese Stacheln sind den Kopfstacheln ähnlich; 3 Borstenreihen, die von 1. bis 3. allmählich gröfser werden, stehen vor dem Kamm; auf dem Mesonotum sitzen mit zunehmender Länge 7—8 Borstenreihen; auf den Mesopleurae gleichfalls

1) Otto Taschenberg, Die Flöhe etc. Halle, 1880, S. 36 u. 83. ›Kopf vorn abgestutzt; Augen fehlen; Antennengrube flach ohne verdickten Vorderrand. Wangen, Pronotum und mehrere der Abdominalsegmente mit Stachelkämmen bewehrt. Der ganze Körper mit äufserst zahlreichen Borsten und Haaren besetzt.‹

2) Ritsema, Tijdschrift v. Entomol., 1868, 1873 u. 1878.

3) Carl F. Baker, On two new and one previously known. Flea. Entomol. News., 1899.

4) Bruno Galli-Valerio, Sur les puces d'Arvicola nivalis. Arch. de Parasit., 1900.

Digitized by Google

zahlreiche Borstenreihen; auf dem Metanotum 5 Borstenreihen und auf den Metapleurae mehrere unregelmäfsig verlaufende Reihen.

Beine (s. Fig. 1) lang und schlank. Die Hüften (Coxae) der Vorderbeine besitzen am hinteren Rande eine Reihe von langen Borsten, zahlreiche Borstenreihen stehen auch auf der äufseren Fläche. Am hinteren Schenkel(Femur)rande, insbesondere an dem der Hinterbeine, sitzt die stets vorkommende Reihe von gebogenen Borsten; eine andere Borstenreihe steht der ersteren parallel und in der nächsten Nähe, die einzelnen Borsten sind aber kleiner und gerade, diese Reihe endet mit einer grofsen gebogenen Borste; andere Borstenreihen werden auch an der äufseren Fläche wahrgenommen. Die Schienen (Tibiae), und namentlich die der Hinterbeine, sehr dicht behaart und beborstet, mit aufserordentlich langen und dicken Borsten am hinteren Rande. Tarsalglieder mit starken Borsten (deren Länge vom 1. zum 5. Glied abnimmt) auf der ganzen Oberfläche, nebst anderen gröfseren an den unteren Gelenkenden; auf dem 5. Tarsalglied (Metatarsus) sitzen einige seitliche, aus je 4 Borsten bestehende Reihen, die 3 und 4. Borste liegen dichter aneinander. Längenverhältnisse der Tarsalglieder: an den Vorderfüfsen 4.—3. —2.—1.—5. —; an den Mittelfüfsen 4.—3.—5.—2.—1. —; an den Hinterfüfsen 4.—5.—3.—2.—1. Länge in μ der einzelnen, von 1.—5. bei einem 3,5 mm langen Exemplar: an den Vorderfüfsen 150—110—80—60—155; an den Mittelfüfsen 325—220—110—75—155; an den Hinterfüfsen 565—410—265—140—200.

Abdomen (s. Fig. 1): Am hinteren Rande des Notum des ersten Abdominalsegments sitzt ein langer, aus 14—15 Stacheln jederseits zusammengesetzter Kamm, vor diesem letzteren eine Reihe von acht langen Borsten, nebst weiteren drei unregelmäfsigen, aus kleinen Borsten bestehenden Reihen; Notum des 2. und 7. Segments besitzt auf jeder Seite eine Reihe von 10 bis 11 langen Borsten (7—8 bei dem 7. Segment); von diesen, eine zweite mit kleinen, und noch eine dritte Reihe mit äufserst kleinen Borsten; auf den 3.—6. Hinterleibringen eine kammförmige, aus dicken Chitinspitzen (9 jederseits der 3., 8 am 4.,

Digitized by Google

7 am 5., 5 am 6.) bestehende Reihe. Vier sehr lange und dicke Apicalborsten auf jeder Seite[1]). Auf der Bauchschiene des 2. bis 8. Abdominalsegments eine Reihe von 3—4 langen Borsten jederseits, und vornhin andere kürzere Borsten; am 9. Segment ein dichter aus Borsten und Haaren bestehender Endzopf.

Haftapparat des ♂ (s. Fig. 1 u. 3): Kurze, dicke, nahezu dreieckige Zangen ohne Manubrium und ohne Artikulationsvorsprung; das unbewegliche Scherenglied (Finger) ist kurz und dick; beweglicher Finger lang und schmal, unter seinem Gelenkende geknickt; Nebenstück sehr langgestreckt, etwa vorn und neben dem Zangengelenk ist es unmittelbar am Abdomen mittels einer Artikulation verbunden, es verläuft zuerst die Vorderseite der Zange entlang und bleibt dabei dick und cylindrisch, dann wird es schmäler, geht an dem unteren Zangenwinkel herum, setzt sich nach der Richtung der Zangenbasis fort, sich kolbenförmig stark erweiternd, und endet in einem dichten Zopfe; an der Zangenbasis bemerkt man zahlreiche, nach hinten gerichtete Borsten, wovon einige, nämlich jene des unbeweglichen Fingers, sehr lang sind.

Auf Mus musculus L. in Rom.

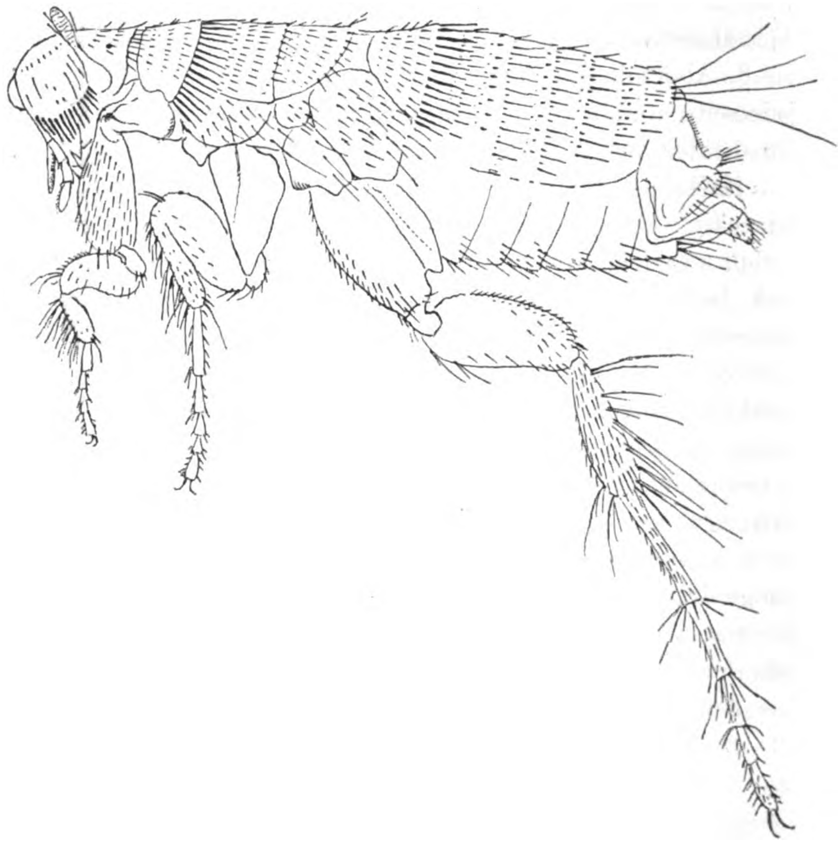
III.

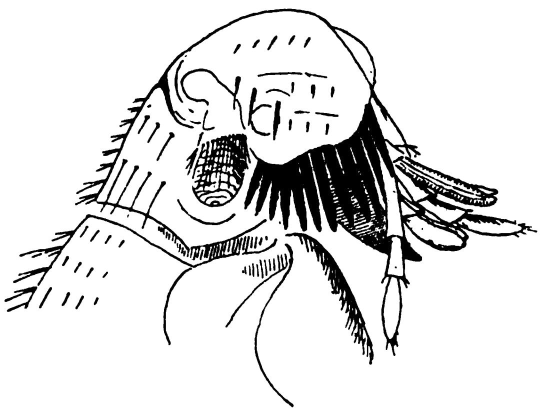
Es ist angegeben worden, dafs die Ausrottung der Pest aus Europa nicht nur durch die verbesserten hygienischen Verhältnisse, sondern auch durch das Verschwinden des Mus rattus L. herbeigeführt worden sei, einer Spezies, welche vorher in Europa[2]) sehr verbreitet und in hohem Mafse für die Pest empfänglich war; es wurde ferner angegeben, dafs in den vorgerückten Jahrhunderten unter solcher Rattenspezies gerade Pestepidemien als Vorläufer und Begleiter der gleichen Epidemien unter den Menschen stattgefunden haben sollen. — Wollen wir

1) Taschenberg (a. a. O.) und Wagner (Horae Soc. entom. russicae, Bd. 31) schildern bei der Ctenopsylla musculi Dugés drei Apicalborsten jederseits; bei dem ♂ sind sie je drei, aber bei dem ♀ vier an Zahl.

2) Aus Asien im Mittelalter zur Zeit der Kreuzzüge nach Europa eingeschleppt.

Digitized by Google





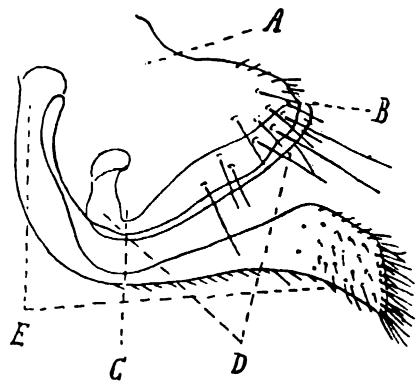


Fig. 1. Hystrichopsylla tripectinata n. sp. ♂ (Die vorderen und mittleren Beine sind umgekehrt.

Fig. 2. Detto. — Kopf.

Fig. 3. Detto. — Haftapparat des ♂. (*B* = unbeweglicher Finger; *D* = beweglicher Finger. *E* = Nebenstück).

Digitized by Google

auch davon absehen, dafs, als der Mus rattus als verschwunden galt, eine massenhafte, sehr rasche Verbreitung des Mus decumanus Pall.[1]), welcher — wie es scheint — der Pest gegenüber sehr empfindlich ist[2]), zu gleicher Zeit auftrat, und dafs in der ganzen europäischen Litteratur keine einzige genaue Angabe über ungewöhnliche Mortalität der Ratten während der Pestepidemien zu finden ist[3]), so steht doch die Thatsache fest, dafs der Mus rattus L. gar nicht aus Europa verschwunden ist.[4]) —

Diese Spezies umfafst zwei Varietäten: den eigentlichen Mus rattus (Alb. M.; L.; Schr. etc. etc.-Hausratte) und den Mus alexandrinus (Géoffr.: Mus tectorum Savi; Mus leucogaster Pictet = ägyptische Ratte); die erste Varietät ist sofort durch ihre Farbe vom M. decumanus zu unterscheiden, die zweite aber sieht der anderen sehr ähnlich und veranlafst leicht Irrtümer.

Die von den verschiedenen Forschern aufgestellten differentiellen Merkmale beschränken sich auf geringfügige Farbenunterschiede (bei dem M. alexandrinus ist die rötliche oder grau-gelbliche Farbe am Rücken etwas dunkler; die unteren Teile des M. decumanus sind aschengrau oder weifsgraulich, bei den M. alexandrinus sind sie aber weifs oder weifskanariengelblich; der zweifarbige Schwanz des M. decumanus erscheint einfarbig bei dem M. alexandrinus), auf die verschiedenen Längenverhältnisse der Ohren zu dem Kopfe (1 : 3 bei M. decumanus, 1:2 bei M. alexandrinus) und des Schwanzes zu dem Rumpfe (länger bei M. alexandrinus, kürzer bei M. decumanus), auf die verschiedene Beschaffen-

1) Zuerst 1727 bemerkt, in diesem Jahre zog er schwimmend und scharenweise über die Wolga hinüber.

2) Es liegt kein Zweifel darüber, dafs die var. albina (milde oder weifse) des Mus decumanus der Pest gegenüber sehr empfindlich ist; was die graue Wanderratte betrifft, so herrscht in dieser Hinsicht keine Einstimmigkeit.

3) R. Abel, Was wufsten unsere Vorfahren von der Empfänglichkeit der Ratten und Mäuse für die Beulenpest des Menschen? Zeitschrift f. Hyg. etc., Bd. 36.

4) In diesen letzten Jahren sind in Deutschland, Frankreich, England, Rufsland u. s. w. zahlreiche Mitteilungen darüber veröffentlicht worden.

Digitized by Google

heit der Ohren (in M. decumanus erscheinen sie dunkler wegen der Anwesenheit von kurzen und doch dichten Haaren über der inneren sowie äufseren Oberfläche; in M. alexandrinus pflegen die Ohren mehr rundlich, schmäler und mehr durchsichtig, fast haarlos und rosafarbig zu sein), auf die Beschaffenheit des Schwanzes (in M. decumanus ist er dick an der Basis und besitzt 210 Ringe; in M. alexandrinus ist er schon an der Basis schmal, mit spärlichen Haaren und 260 deutlicher vorspringenden, vollständigen Ringen besetzt), und endlich auf die An- (M. decumanus) oder Abwesenheit (M. alexandrinus) einer kleinen Zwischenhaut an der Fingerwurzel, sowie auf die Beschaffenheit des Schädels (die Schädelpartie, welche von den cristae der ossa frontalia, ossa parietalia und dem oberen Rande der squama occipitalis umgrenzt wird, ist bei der Wanderratte schmäler und fast eben, bei der Hausratte aber breiter und deutlich gewölbt); [1]) die vorgezeigten Merkmale beziehen sich endlich auch auf die Gröfse der betreffenden Tiere.[2]) — Ein weiterer Unterschied besteht darin, dafs der Mus decumanus 12 Mamillae (6 an der Brust- und 6 an der Bauchgegend), der Mus alexandrinus davon nur 10 (4 an der Brust- und 6 an der Bauchgegend) hat.[3])

1) H. Reeker, Über die europäischen Ratten. Jahresber. d. Westfäl. Prov. Ver. f. Wiss. u. Kunst, Bd. XXII, 1892. Nicht konstant ist »das Unterscheidungsmerkmal, um die jugendlichen Schädel zu bestimmen; die sutura, in der die ossa parietalia mit dem os interparietale zusammenstofsen, verläuft bei dec. stets zickzackförmig, bei M. rattus hingegen in einer sanft nach vorn gebogenen Linie, die nur dort, wo sie mit der sutura parietalis zusammentrifft, eine winkelige Abbiegung zeigt«.

In den von mir untersuchten Exemplaren wenigstens kommt häufig vor, dafs das Os interparietale beim M. decumanus kleiner und sein Hinterrand abgerundeter ist.

2) Fatio (Faune des Vertébrés de la Suisse. Bd. I. Les Mammifères, 1869) gibt für den M. alexandrinus eine Körperlänge von 42—44 cm und für den M. decumanus von 40—45 cm an. Die gröfseren Exemplare von Mus alexandrinus Italiens haben eine Körperlänge bis 44—45 cm, wovon nur 20—21 cm dem Rumpfe zugehören; die von Mus decumanus erreichen eine Körperlänge bis 50 cm, wovon 26—27 dem Rumpfe zukommen.

3) In allen Fachwerken wird angegeben, dafs der Mus alexandrinus zwölf Mamillae hat. Bei drei M. alexandrinus ♀ habe ich folgende seltsame Anomalie gefunden: drei Mamillae an der rechten Brustgegend; zwei

Digitized by Google

Dazu möchte ich noch als Besonderheit hinzufügen, dafs der M. decumanus und der M. alexandrinus auch nach ihren Ektoparasiten zu unterscheiden sind (nach den Flöhen s. I. Abschnitt).

Die schwarzfarbige Varietät des Mus rattus ist in Italien sehr selten; die Var. alexandrinus ist im Gegenteil, namentlich auf dem Lande, sehr verbreitet; in einigen Gegenden scheint sie reichlicher als der M. decumanus vorzukommen: wird nicht nur auf Dächern, in Kornhallen, Stubendecken u. s. w., sondern auch in Weinkellern, unterirdischen Gewölben, Kloaken etc. und sogar mit dem M. decumanus vergesellschaftet gefunden.

---

derselben, die untersten, sehr nahe aneinander liegend. Sollen diese und mehrere andere (in Bezug auf die Gröfse des Schwanzes oder der Ohren u. s. w.) Zwischenformen die Bedeutung eines Hibridismus besitzen? Die Lösung dieser Frage werde ich nach den Ergebnissen der von mir auch in dieser Richtung angestellten Versuche erörtern.

Dazu möchte ich ferner bemerken, dafs ich in sämtlichen von mir untersuchten Exemplaren von Mus rattus stets zwölf Mamillae gefunden habe, während dieselben bei den Mus alexandrinus immer in Zahl von zehn vorkommen; demzufolge, und wenn überhaupt — wie es eigentlich sein sollte — die verschiedene Zahl der Mamillae als Unterscheidungsmerkmal zwischen den verschiedenen Arten gelten mufs, wäre der Mus alexandrinus keine Abart oder Varietät, sondern eine eigene Spezies.

Digitized by Google

Über die Ausnutzung von Erbsen im Darmkanal des Menschen bei weichem und hartem Kochwasser.

Von

Marinestabsarzt Dr. **Albrecht P. F. Richter,**
Assistent.

(Aus den hygienischen Instituten der Königl. Universität Berlin. Direktor: Geh. Medizinalrat Professor Dr. Max Rubner.)

Die Erfahrung hat gelehrt, dafs zum Kochen von Speisen ein weiches Wasser ungemeinen Vorzug vor dem harten besitzt. Inwieweit aber diese in der Litteratur ziemlich allgemein gehaltenen Angaben wirklich berechtigt sind, und inwieweit der Härtegrad tatsächlich den Nahrungswert der Speisen beeinträchtigt, ist bisher noch nicht näher untersucht. Die ersten eingehenden experimentellen Belege finden sich in einer Abhandlung Rubners[1]). Daselbst ist auch vorläufig bereits neuerer Untersuchungen gedacht.

Von allen Angaben, die sich auf die nachteiligen Wirkungen harten Wassers beziehen, sind die Anschuldigungen, dafs dieses die Leguminosen hart mache, die häufigsten und auch wohl diejenigen, die sich am leichtesten durch grobsinnliche Wahrnehmung bestätigen lassen.

Derjenige Stoff, welcher unter der Einwirkung härtegebender Substanzen leidet, ist das Legumin. Die Verbindungen des Legumins mit Kalk und Magnesia sind nicht nur unlöslich in

1) Die hygienische Beurteilung der anorganischen Bestandteile des Trink- und Nutzwassers. Vierteljahrschr. f. gerichtliche Medizin, 3. Folge, XXIV, Suppl.

Digitized by Google

Wasser, sondern bilden auch, wenn sie erhitzt werden, eine hornartige harte Masse. Da Legumin auch in Mais und Hafer enthalten ist, so müssen neben den Leguminosen im engeren Sinne auch die beiden letztgenannten Produkte von der Härte des Wassers beeinflufst werden.

Rubner hat näher festgestellt, welche Veränderungen bei Wasser von bestimmtem Härtegrad bei Erbsen sich bemerkbar machen und gezeigt, dafs schon 20 Härtegrade nicht spurlos an der Beschaffenheit der Erbsen vorübergehen.

Die Härte der mit kalk- und magnesiahaltigem Wasser gekochten Erbsen könnte aber unter Umständen vielleicht nur beim Kau- und Efsakt sich unbequem bemerkbar machen, und trotzdem könnte die Aufnahmefähigkeit der Speise im Darm unvermindert sein. Solche Fälle kennen wir viele. Für den normalen Menschen macht es hinsichtlich der Ausnutzung keinen Unterschied, ob er rohes oder halbgares oder gares Fleisch geniefst, es ist auch belanglos, ob weiche oder harte Eier verzehrt werden.

Aber man darf deswegen nicht den Analogieschlufs machen, dafs deshalb auch die mit hartem oder weichem Wasser gekochten Leguminosen ganz das gleiche Verhalten zeigen müssen.

Ich habe die Prüfung dieser Frage in Nachstehendem experimentell vorgenommen.

Die Ausnutzung der gekochten Erbsen ist schon vor sehr langer Zeit von Rubner[1]) einer Untersuchung unterzogen worden, wobei sich zeigte, dafs diese Leguminosen in keinen allzugrofsen Mengen im Darmkanal günstig verarbeitet werden. In Quantitäten bis 600 g lufttrockener Substanz waren aber die Resultate befriedigende. Das ist eine Ration, welche annähernd für den Ruhenden bezw. nicht kräftig Arbeitenden als Kostmafs genügt. Das Eiweifs ist so reichlich in dieser Nahrung enthalten dafs sich ein N-Gleichgewicht herstellen kann. Auch deshalb habe ich mich bei der Bemessung der Zufuhr in den oben angegebenen Grenzen gehalten.

---

1) Über die Ausnutzung einiger Nahrungsmittel im Darmkanale des Menschen. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XVI, S. 119.

Digitized by Google

Es wurden an je zwei aufeinander folgenden Tage pro die 600 g Erbsen im Selbstversuche eingeführt. Bei Versuch 1 wurde zum Kochen destilliertes Wasser benutzt, bei Versuch 2 ein hartes Wasser von der unten angegebenen Zusammensetzung. Bei jedem Versuche wurden aufserdem im ganzen 8,5 Kochsalz genossen. Die Erbsen waren enthülste Erbsen des Handels; sie wurden verlesen, 3 Stunden gekocht und durch ein Sieb getrieben. Die tägliche Erbsenportion wurde in drei Mahlzeiten verzehrt. Als Getränk wurde Leitungswasser in mäfsiger Menge genommen. Um die lästige Bestimmung der Rückstände in den Gefäfsen und dem Siebe zu vermeiden, wurden solche mit Leitungswasser rein ausgewaschen, das Reinigungswasser wurde auch genossen. Die letzte »freie« Mahlzeit wurde 16—22 Stunden vor jedem Versuch eingenommen; sie bestand aus Beefsteak, hierzu Blutwurst mit Holzkohlenpulver (letzteres aus der Apotheke bezogen). Eben so lange Zeit lag zwischen der letzten Versuchsmahlzeit und der ersten »freien« Mahlzeit nach dem Versuche, welche wieder aus Beefsteak und Kohlenpulver bestand. Die Kotabgrenzung war eine genügende, teilweise sehr gute. Im übrigen hielt ich mich an die von Rubner[1]) gegebene Versuchsanordnung.

Bei Versuch 1 (Erbsen mit destilliertem Wasser gekocht) erfolgten dickbreiige gelbe Erbsenstühle; die Flatulanz war besonders am Nachmittage des zweiten Versuchstages beträchtlich; der Urin wurde vom Nachmittage des ersten Versuchstages an alkalisch, zeitweise trübe (Pflanzenfresserharn).

Bei Versuch 2 (Erbsen mit hartem Wasser gekocht) zeigte sich, dafs die Erbsen beim Kochen schwerer zerfielen und überhaupt nicht völlig weich werden. Das Durchtreiben durch das Sieb erforderte mehr Arbeit, und der Brei war härter, nicht so bindig als bei Versuch 1; man sah deutlich kleine (stecknadelkopfgrofse und etwas gröfsere) Erbsenpartikelchen. Auch im Munde konnte man es fühlen, dafs man es nicht mit einem homogenen Brei zu thun hatte. Etwa $^1/_4$ Stunde nach der

1) Über die Ausnutzung einiger Nahrungsmittel im Darmkanale des Menschen. Zeitschr. f. Biologie, Bd. XVI, S. 119.

Digitized by Google

ersten Mahlzeit trat ein kratziger Geschmack im Halse auf (etwa wie nach zu vielem Rauchen), der bald auf die Zunge überging und hier als deutlich bitter empfunden wurde. Dieser Geschmack blieb dann den Rest beider Versuchstage bestehen und exacerbierte etwas nach jeder Mahlzeit. Der Stuhl war vorwiegend dünnbreiig, von der Konsistenz eines Stuhles, der auf recht erhebliche Mengen Karlsbader Salz erfolgt, als und zu fanden sich einige härtere Ballen. Die Farbe war schmutzig grau-gras-grün, der Geruch ekelhafter als beim normalen Stuhle und Stuhl des Versuches 1. Es fanden sich in Stuhl 2 die oben erwähnten Erbsenpartikelchen. Die Flatulenz, besonders am zweiten Versuchstage, war aufserordentlich stark, dabei bestanden zeitweise erhebliche Leibschmerzen. Der Urin war zuerst ganz wenig alkalisch, wurde aber noch im Laufe des ersten Versuchstages sauer und zwar, wie nach der Rotfärbung des Lackmuspapieres geschätzt werden konnte, erheblich saurer als normaler Urin.

Nachfolgend die Ergebnisse der einzelnen Versuche.

Versuch 1.

28. und 29. V. 1902. Erbsen mit destilliertem Wasser gekocht. Tab. I und II.

Tabelle I.

Einnahmen. I)

	Erbsen frisch	Erbsen trocken	N	Fett	Kohle-hydr.	Asche	Ca O	Mg O	Na Cl in Substanz
in Summe	1200,0	1061,7 [1])	43,85 [2])	18,09 [3])	739,79	29,3 [4])	0,446 [5])	1,7 [6])	8,5
pro die .	600,0	530,85	21,925	9,045	269,895	14,65	0,223	0,85	4,25

I) 1) 7,4775 Erbsen gaben 6,6157 Trockensubstanz = 88,475%.

2a)	0,509	Erbsentrockensubst. gaben	0,02184 N	= 4,29 %	4,13%.
b)	0,5041	» »	0,02072 N	= 4,07 »	
c)	0,5059	» »	0,0203 N	= 4,03 »	
3)	3,05	Erbsentrockensubst. gaben	0,0375 Fett	= 1,705%.	
4a)	4,365	Erbsentrockensubst. gaben	0,116 Asche	= 2,66 %	2,76%.
b)	3,788	» »	0,1082 Asche	= 2,85 »	
c)	27,926	» »	0,7844 Asche	= 2,81 »	
d)	15,5461	» »	0,4248 Asche	= 2,73 »	

Digitized by Google

5a) 8,153 Erbsentrockensubst. gaben 0,004 CaO = 0,049 % } 0,042 %.
b) 27,926 » » 0,012 CaO = 0,043 »
c) 15,5461 » » 0,0058 CaO = 0,037 »
6a) 27,926 Erbsentrockensubst. gaben 0,1068 $Mg_2P_2O_7$ = 0,38 » } 0,435 %.
b) 15,5461 » » 0,0769 $Mg_2P_2O_7$ = 0,49 »
= { 0,0387 MgO / 0,0279 MgO } = { 0,14 % / 0,18 » } 0,16 %.

Tabelle II.

Ausgaben bei Versuch 1. II)

	Kot frisch	Kot trocken	N	Fett	Asche	CaO
in Summe .	522,2	75,768 [1])	4,455 [2])	2,25 [3])	5,542 [4])	0,4546 [5])
pro die . .	261,1	37,884	2,227	1,125	2,771	0,2273

Fortsetzung zu Tabelle II.

	MgO	Harnmenge	N	CaO	MgO	Cl
in Summe .	0,61 [6])	2308 ccm	39,646 [8])	0,228 [9])	0,2818 [10])	11,686 [11])
pro die . .	0,305	1154 [7])	19,823	0,114	0,1409	5,843

II) 1) Der Kot wurde in tarierten Schalen getrocknet.
2a) 0,563 Trockenkot gaben 0,03318 N = 5,89 % } 5,88 %.
b) 0,527 » » 0,03094 N = 5,87 »
3) 3,025 Trockenkot gaben 0,09 Fett = 2,25 %
4a) 21,763 Trockenkot gaben 1,634 Asche = 7,55 % } 7,315 %.
b) 23,6972 » » 1,6775 Asche = 7,08 »
5a) 21,763 Trockenkot gaben 0,136 CaO = 0,62 % } 0,6 %.
b) 23,6972 » » 0,1382 CaO = 0,58 »
6a) 21,763 Trockenkot gaben 0,5308 $Mg_2P_2O_7$ = 2,44 % } 2,225 %.
b) 23,6972 » » 0,4754 $Mg_2P_2O_7$ = 2,01 »
= { 0,1923 MgO / 0,1723 MgO } = { 0,88 % / 0,73 » } 0,805 %.
7) Harnmenge, nur am 2. Tage gemessen, betrug 1154 ccm, d = 1024, Reaktion am 1. und 2. Tage alkalisch.
8a) 10 ccm Harn gaben 0,1708 N = 1,708 % } 1,7178 %.
b) 10 » » » 0,17276 N = 1,7276 »
9) 250 ccm Harn gaben 0,0247 CaO = 0,0988 pro 1000 ccm.
10) $\frac{250 \cdot 500}{675}$ ccm Harn gaben 0,0624 $Mg_2P_2O_7$ = 0,3369 pro 1000 ccm.
= 0,0226 MgO = 0,1221 pro 1000 ccm.
11) 10 ccm Harn gaben 50,633 mg Cl = 5,0633 pro 1000 ccm.

Digitized by Google

Die Resultate der Ausnutzung sollen im Zusammenhang mit den entsprechenden Daten des zweiten Versuches aufgeführt werden.

Versuch 2.

1. und 2. VI. 1902. Erbsen mit hartem Wasser gekocht.

Einnahmen dieselben wie bei Versuch 1, dazu in 5 l hartem Kochwasser:

Tabelle III.

	In Summe	Pro die	Anmerkungen
Ca O	0,3	0,15	100 ccm Wasser gaben 0,006 Ca O
Mg O . . .	2,21	1,105	100 ccm Wasser gaben 0,0442 Mg O
Cl	4,357	2,1785	10 ccm Wasser gaben 8,714 mg Cl

Die nach den in den Anmerkungen gegebenen Analysen errechnete Härte betrug nach deutschen Graden $6 + 44{,}2 \cdot 1{,}4 = 6 + 61{,}88 = 67{,}9$. Die Härtebestimmung nach Clark ergab jedoch wegen des starken Magnesiagehaltes ganz unbrauchbare Resultate, welche je nach der Verdünnung des Wassers (10—50fach) 20—30 Härtegrade für das unverdünnte Wasser anzeigte.

Tabelle IV.
Ausgaben bei Versuch 2. IV)

	Kot frisch	Kot trocken	N	Fett	Asche	Ca O
in Summe .	655,3	94,68 [1])	7,38 [2])	7,432 [3])	14,15 [4])	0,911 [5])
pro die . .	327,65	47,34	3,69	3,716	7,07	0,455

Fortsetzung zu Tabelle IV.

	Mg O	Harnmenge	N	Ca O	Mg O	Cl
in Summe .	2,4 [6])	2236 [7])	39,25 [8])	0,119 [9])	0,2572 [10])	13,756 [11])
pro die . .	1,2	1118	19,625	0,059	0,1286	6,878

IV) 1) Die Gesamtmenge des frischen Kotes ergab 104,42 lufttrockenen Kot (= Trockenkot), von diesem gaben

10,943 an Trockensubstanz 9,7905 = 89,47% } 90,665%.
7,632 » » 7,0125 = 91,88 » }

2a) 0,6275 Trockenkot gaben 0,049 N = 7,81% } 7,9%.
b) 0,6895 » » 0,05488 N = 8,0 » }

Digitized by Google

3) 3,056 Trockenkot gaben 0,24 Fett = 7,85 %.

4a) 15,773 Trockenkot gaben 2,288 Asche = 14,54 %
b) 22,125 » » 3,16 Asche = 14,28 »
c) 27,321 » » 4,381 Asche = 16,04 »
} 14,95 %.

5a) 2,025 Asche (= 12,31 Trockenkot) gaben 0,2181 CaO = 0,912 %
b) 27,321 Trockenkot gaben 0,2753 CaO = 1,01 »
} 0,962 %.

6a) 2,025 Asche (= 12,31 Trockenkot) gaben 0,8707 $Mg_2P_2O_7$ = 7,07 %
b) 27,321 Trockenkot gaben 1,8885 $Mg_2P_2O_7$ = 6,91 »
} 6,99 %.
= {0,3156 MgO, 0,6844 MgO} = {2,57 %, 2,505 »} 2,537 %.

7) Harnmenge des 1. und 2. Tages zusammen. d = 1021,5. Reaktion stark sauer.

8) 10 ccm Harn gaben 0,17556 N = 1,7556 %.

9) 250 ccm Harn gaben 0,0124 CaO = 0,0496 pro 1000 ccm.

10) $\frac{250 \cdot 400}{410}$ ccm Harn gaben 0,0774 $Mg_2P_2O_7$ = 0,3173 pro 1000 ccm.
= 0,0281 MgO = 0,1152 pro 1000 ccm.

11) 10 ccm Harn gaben 62,503 mg Cl = 6,2503 pro 1000 ccm.

Aus den mitgeteilten Zahlen ergeben sich folgende Gesamtresultate:

Tabelle V.

	Verlust in % bei		Differenz
	Versuch 1	Versuch 2	
Trockensubstanz	7,14	8,92	1,78
N	10,16	16,60	6,44
Fett	12,44	41,08	28,94
Asche	18,91	48,22	29,81

Nimmt man die Ausnutzung bei Versuch 1 als normal an, so erhält man bei Versuch 2 dieser Ausnutzung gegenüber Ausnutzung (A) bezw. Verlust (V) in Prozenten:

Tabelle VI.

	A	V
Trockensubstanz	98,08	1,92
N	92,72	7,28
Fett	67,17	32,83
Asche	63,85	36,15

Digitized by Google

Die Versuche haben also mit Bestimmtheit gezeigt, dafs die mit magnesiareichem Wasser gekochten Erbsen in der That schlechter ausgenutzt werden, als die mit weichem Wasser gekochten derselben Herkunft.

Freilich ergab sich bei meinem Experiment noch die Nebenwirkung, dafs die Zufuhr von Magnesiasalzen eine dünne Beschaffenheit des Stuhles herbeigeführt hatte. Wenn man nun auch den Einwand erheben könnte, dafs dieser Moment allein bereits eine Verminderung der Resorption erzeugen könnte, so meine ich doch, wegen der hervortretenden Minderung der Eiweifsresorption, dafs es sich hier wirklich um eine Beeinflussung des Legumins und eine Verminderung der Resorption desselben durch die Verbindung mit der Magnesia gehandelt habe. Hierauf weist auch noch hin das Auftreten kleiner ziemlich harter, offenbar der Verdauung entzogener Partikelchen im Kote.

Es ist nicht ohne Interesse, noch einen Blick auf die Ausscheidungsverhältnisse der Aschebestandteile zu werfen.

Als Aschegehalt der Erbsen wird angegeben[1]):

niedrigster . . .	1,61 %
mittlerer	2,88 %
höchster	4,27 %

Meine Probe ergab an Asche im Mittel 2,76% der Trockensubstanz, war also etwa dem mittleren Gehalt der in den preufsischen Ökonomiekollegien ausgeführten Analysen entsprechend.

Als Bestandteile an CaO und MgO werden für 100 Teile Asche angegeben:

	CaO	MgO
Minimum . .	2,21	6,54
Mittel . . .	5,04	8,08
Maximum . .	12,97	9,70
meine Analyse . . ,	1,52	5,8.

Die verwendeten Erbsen würden annähernd dem Minimum entsprechen.

1) Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie, 1876, Anhang S. 600.

Digitized by Google

Über die Aufnahme und die Ausscheidung der Salze gibt folgende Tabelle Aufschlufs.

Tabelle VII.

	Aufnahme täglich		Harn		Kot		Summe		Differenz zur Aufnahme	
	Ca O	Mg O	Ca O	Mg O	Ca O	Mg O	Ca O	Mg O	Ca O	Mg O
Weiches Wasser	0,223	0,85	0,114	0,141	0,227	0,305	0,341	0,446	+ 0,118	— 0,404
Hartes Wasser	0,373	1,955	0,059	0,129	0,455	1,2	0,514	1,329	+ 0,141	— 0,646

Was zunächst den Kalk betrifft, so zeigen beide Versuchsreihen, dafs die eingeführte Menge nicht genügt, sofort ein Gleichgewicht der Einnahme und Ausgabe zu erzielen.

Im ersten Versuch wurden 0,118, im zweiten 0,141 g Ca O pro die vom Körper abgegeben.

Obschon also die Leguminosen für gewöhnlich als solche Nahrungsmittel gelten, deren Kalkgehalt nicht unbedeutend ist, zeigte sich hier die Menge offenbar nicht zureichend. Ob vor den Leguminosen aber die tägliche Kalkaufnahme die Norm überschritten hatte und Kalk im »Vorrat« vorhanden war, kann ich nicht bestimmt angeben. Dafs der Kalkgehalt des Salzes (8,5 Na Cl täglich) keinen Einflufs auf die Quantität der Kalk- oder Magnesiazufuhr ausübt, hat Rubner a. a. O. schon ausgeführt.[1])

Die zugeführte Magnesia war überreichlich; es wurde ein erheblicher Teil im Körper zurückbehalten im 1. Versuch 0,404, im zweiten 0,6469 Mg O täglich.

Auf die Ausscheidung im Kot entfielen, berechnet auf die Einfuhr im 1. Versuch 35,9 %, im zweiten 61,3 %, bei grofser Magnesiamenge ist demnach die Ausfuhr durch den Kot bedeutend gestiegen, nicht nur absolut, sondern namentlich auch relativ. Im übrigen spricht der nicht erhebliche Gehalt der Zufuhr an Kalk mehr für ein Unzureichendes der Nahrungsaufnahme in dieser Hinsicht. Auch dies könnte im Sinne der

1) a. a. O., S. 14.

Digitized by Google

schwereren Resorbierbarkeit der Leguminosen Magnesiaverbindungen gedeutet werden.

Nimmt man Magnesiaansatz und Harnausscheidung als »resorbiert«, was, wie mir nicht unbekannt, nicht ganz zutreffend ist, so sind im I. Versuch 0,509, im II. Versuch 0,732 g ins Blut übergetreten. Im zweiten Fall trotz der fast doppelt so grofsen Einfuhr nicht wesentlich mehr.

Zusammenfassung.

1. Bei hartem Kochwasser werden alle Hauptbestandteile der Erbsen schlechter ausgenutzt als bei weichem.
2. Die schlechtere Ausnutzung ist teilweise direkt auf die Entstehung von Erdsalzalbuminaten und Erdsalzseifen zurückzuführen, welche der Aufschliefsung durch das Kochen und der Auflösung durch die Verdauungssäfte erheblichen Widerstand entgegensetzen (feste Erbsenbröckel in der zubereitete Speisen und dieselben auch im Kot), teils sind die durch die Erdsalze (besonders das Magnesiumchlorid) und ihre Verbindungen bewirkten Verdauungsstörungen im klinischen Sinne für die schlechte Ausnutzung verantwortlich zu machen (sehr starke Blähungen und Koliken mit Durchfall, sehr übelriechender Stuhl).
3. Magnesiahärte, durch Chloride hervorgerufen, stört durch den widerlich kratzenden bitteren Nachgeschmack. Der länger dauernde Genufs solchen Wassers ist hygienisch zu beanstanden.

Herrn Geheimrat Rubner, auf dessen Anregung die Arbeit unternommen wurde, und welcher mich bei derselben gütigst unterstützte, spreche ich meinen gehorsamsten Dank aus.

Digitized by Google

Typhus und Fliegen.

Vorläufige Mitteilung.

Von

Privatdozent Dr. med. **M. Ficker.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin. Direktor: Geh. Medizinalrat Prof. Dr. Rubner.)

In der umfassenden Zusammenstellung, welche H. F. Nuttall in der Hygienischen Rundschau IX. Jahrg. 1899, Nr. 5, 6, 8, 10 und 12 über die Rolle der Insekten als Träger bei der Verbreitung von Infektionskrankheiten gegeben hat, konnte er nur zwei Litteraturangaben anführen, welche das Verhältnis von Fliegen zu Typhus behandeln.

Aus dem Jahre 1888 liegt ein sehr kurzer Bericht Cellis über Versuche der Fütterung von Fliegen mit Typhus-Reinkulturen vor (Bull. d. Soc. Lancis. d. ospidali di Roma, fasc. I), wonach die Typhusbacillen in den Dejekten »mikroskopisch und mittels Kultur« nachgewiesen wurden. Ausführliche Mitteilung hierüber scheint nicht erfolgt zu sein. Aber auch die genannte Angabe wird man mit Vorsicht beurteilen müssen, da die Identifizierung der Typhusbacillen aus Fliegenfäkalien vor 14 Jahren sicherlich zu Täuschungen Anlafs geben konnte. — Die zweite Mitteilung stammt von M. A. Veeder (New York Medical Record, Vol. 54, p. 429), der in einem amerikanischen Feldlager, in welchem Typhus herrschte, beobachten konnte, dafs Fliegen zwischen den in offenen Gräben befindlichen Typhusdejekten und zwischen

Digitized by Google

Küche und Speiseraum eines in der Nähe befindlichen Zeltes hin und her flogen.

Zu diesen von Nuttall angeführten Litteraturangaben kann ich nur drei hinzufügen, in denen Fliegen in Beziehung zur Verbreitung des Typhus gebracht werden. Es sind dies die Aufsätze von Sangree (New York Medical Record, Vol. 55, p. 88), ferner G. van Houtum (Weekblad van het Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde 1901, Nr. 9) und Poore (Lancet, 18. Mai 1901). Indessen bringen diese Autoren nichts Neues, sie sprechen lediglich die Vermutung aus, dafs die Fliegen an der Verbreitung des Typhus beteiligt sein könnten, ohne experimentelle insbesondere kulturelle Beweise zu erbringen.

Den Anlafs dazu, mich experimentell mit der Frage der Übertragbarkeit von Typhusbacillen durch Fliegen zu beschäftigen, gab mir die von mir während meiner Assistententhätigkeit am Leipziger hygienischen Institut ausgeführte Untersuchung von Fliegen eines Hauses, in welchem 8 Typhusfälle vorgekommen waren. Die Protokolle hierüber sind mir nicht mehr zugänglich. Es sei hier nur berichtet, dafs es gelang, Bacillen zu isolieren, die alle Anforderungen an Typhusbacillen erfüllten und die Specifitätsreaktion bestanden haben.

Die Fragestellung für die im folgenden mitzuteilenden Versuche lautet:

1. Können Fliegen, die mit Typhusbacillen-Reinkulturen gefüttert wurden, Objekte nachher mit Typhusbacillen beschmutzen und wie lange sind sie dazu befähigt?
2. Wie verhalten sich die Typhusbacillen in den einzelnen Organen des Fliegenkörpers?

Der Beantwortung der ersten Frage dienten fünf Versuchsreihen, die im Juni—Oktober vorigen Jahres ausgeführt wurden.

Zu Versuch 1, 2, 4 wurden Fliegen aus dem Stalle des hiesigen Instituts, zu Versuch 3 und 5 Küchenfliegen benutzt. Sämtliche Fliegen gehörten, wie die nähere Untersuchung zeigte, der Untergattung Musca domestica L. an. Auf das Geschlecht

Digitized by Google

wurde keine Rücksicht genommen. — Die Fliegen wurden mit der Hand gefangen und in eine, an beiden Öffnungen mit Wattestopfen versehene 10 Liter-Auslaufflasche gegeben. Die Flasche enthielt am Boden eine Prise klaren Zuckers, einige etwa 1 cm breite, 10—30 cm lange, lose gefaltete Fliefspapierstreifen, sowie eine kleine Glasdoppelschale, deren Durchmesser so gewählt war, dafs sie durch eine der Öffnungen der Flasche eingegeben werden konnte. Die Schale war mit 4—5 ccm einer 16—20 Stunden bei 37° gewachsenen Typhusbouillon von einem frischen, mir von Herrn Kollegen Bruns-Gelsenkirchen gütigst übersandten Stamm gefüllt und mit Oberschale versehen. Nachdem die nötige Anzahl Fliegen in die Flasche eingebracht war, wurde durch Neigen und Rütteln an der Flasche der Inhalt der Schale entleert, so dafs der Boden der Flasche mit der Typhusbouillon beschmutzt wurde. Die Fliefspapierstreifen saugten den gröfsten Teil der Typhusbouillon auf, sie vergröfserten so die die Typhusbacillen tragende Oberfläche, auch setzten sich die Fliegen viel lieber auf das Fliefspapier als auf die Glaswand. Die Flasche blieb so 18—24 Stunden stehen. Danach leitete ich die Fliegen in andere, sterilisierte Gefäfse über und zwar entweder in kleinere, 2—3 l fassende Auslaufflaschen oder in 1—2 l haltende Scheidetrichter. Das Überleiten geschah in der Weise, dafs zunächst der obere Teil des Wattestopfens an dem Halse der Fütterungs-Auslaufflasche abgesengt wurde. Danach ward die kleinere leere zur Aufnahme der gefütterten Fliegen bestimmte Auslaufflasche umgekehrt und mit der vom Wattestopfen befreiten Öffnung über den abgesengten Wattestopfen der Fütterungsflasche geschoben, so dafs die beiderseitigen Mundränder der Flaschen einander gut auflagen. Die Flaschen wurden durch Stative in ihrer Stellung erhalten. Sodann wurde in die zweite, freie Öffnung der kleineren Flasche ein genügend langer, starker und gekrümmter Draht eingeführt und mit demselben der Wattestopfen der grofsen Fütterungsflasche nach unten gestofsen, der Draht schnell zurückgezogen und auf diese zweite Öffnung nach Eingabe von etwas klarem Zucker ein Watteverschlufs aufgesetzt. Es währte dann gar nicht lange, bis eine Anzahl Fliegen in den frischen Behälter

Digitized by Google

gekrochen war, der dann von der Fütterungsflasche weggeschoben und ebenso wie diese mit Watte verschlossen wurde. In gleicher Weise liefs sich die Überleitung in weitere Flaschen oder Scheidetrichter hieran anschliefsen. Diese Aufbewahrungsgefäfse wurden nun bei möglichst konstanten Temperaturen gehalten. Durch Vorversuche mit nicht mit Typhusbacillen gefütterten Fliegen überzeugte ich mich, dafs die Fliegen in solcher Gefangenschaft aufserordentlich empfindlich gegen Temperaturwechsel waren. Die Gröfse des Aufbewahrungsgefäfses oder die Art der Fütterung war bei weitem nicht von solchem Einflufs. Im Raume von 1—2 l Luft konnten 8—12 Fliegen bei Fütterung mit Zucker, Brot, Wasser oder Milch über 4 Wochen lang am Leben erhalten werden, sobald sie gegen stärkere Abkühlung geschützt waren. Es ist das bei Fütterungsversuchen an Fliegen sehr zu berücksichtigen, da man sonst bei einem starken Sterben der Fliegen das infizierte Futter als Todesursache ansehen könnte: eine einzige kalte Nacht bringt auch den nicht mit infektiösem Material gefütterten Fliegen in solchen Gefäfsen, die keinen Wärmeschutz darbieten, den Tod. Ein Sterben von Fliegen, das sich auf die Fütterung mit Typhusbacillen beziehen liefs, konnte nicht beobachtet werden.

Aus diesen Aufbewahrungsgefäfsen wurden die Fliegen alle 2—3 Tage in frisch sterilisierte Flaschen oder Scheidetrichter übergeleitet. Die Untersuchung auf Typhusbacillen geschah beim ersten Versuch in der Art, dafs die nach dem von Nuttall angegebenen Verfahren (Centralbl. f. Bakt. XXII S. 87) in ein Reagensglas gebrachten Fliegen mittels Ätherdampfs getötet wurden. Sodann verrieb ich sie in steriler Reibschale mit steriler Bouillon. Von der Verreibung wurden mit abgestuften Mengen zahlreiche Gelatineplatten mit Verdünnungen gegossen. Um die Typhusbacillen aus den Unsummen der anderen Kolonien eher heraus zu züchten, berücksichtigte ich folgende Momente: einmal nahm ich nicht die Phenolphthaleïn- und auch nicht die Lackmusneutrale Gelatine, sondern ich hörte mit der Alkalizugabe schon auf, als das rote Lackmuspapier eben erst eine erkennbare schwache Blaufärbung zeigte und das blaue noch eben deutliche

Digitized by Google

Rötung aufwies. Vorversuche hatten ergeben, dafs bei diesem Punkt, der ja allerdings kein fester ist, Typhusbacillen besser wachsen als auf Lackmus- oder gar phenolphthaleïnneutralen Böden. Übrigens ist der Punkt im hiesigen Institut jetzt von Roth präcis bestimmt worden. Die Gelatine war 6proz. und konnte noch bei 27° im festen Zustande erhalten werden, so dafs man schon nach 14—30 Stunden typische Typhushäutchen auf den Platten erhält.

Des weiteren war ich bestrebt, etwa vorhandene Typhuskolonien eher als sonst zur Häutchenbildung zu zwingen: das geschah dadurch, dafs der Inhalt der geimpften Gelatineröhrchen nicht in eine Schale gegeben, sondern auf zwei verteilt wurde. Dadurch braucht man zwar mehr Schalenmaterial, aber man erreicht, dafs auf den dünnen Gelatineschichten der beiden Schalen nun reichlichere Häutchenkolonien auswachsen als wie das in der einen Schale mit der halb so grofsen Gelatineoberfläche möglich ist. Dabei müssen die Schalen in feuchten Kammern oder Dosen in den Brutschrank gegeben werden, damit nicht durch Austrocknen des Nährbodens das Oberflächenwachstum geschädigt wird. Unter Berücksichtigung dieser Punkte gelingt es, eher Typhusbacillen auf Gelatineplatten aufzufinden, als das früher möglich war: einmal wirkt der amphotere bezw. saure Nährboden schädigend auf eine Reihe von Saprophyten, dann wächst der Typhusbacillus und zumal bei 27° viel erheblicher als auf der üblichen Gelatine bei 22—24°, und schliefslich wird das Auffinden der Kolonien durch die begünstigte Häutchenbildung wesentlich erleichtert.

Im ersten Versuch mufste der Gelatinezusatz auf 10—12% erhöht werden, da die Stallfliegen dieser Versuchsreihe sehr stark verflüssigenden Proteus vulgaris und verwandte Keimarten enthielten. 6 Tage nach der Fütterung war es aber auch mit dieser Gelatine nicht mehr möglich, Typhuskolonien auf den Platten aufzufinden. Auch der v. Drigalski-Conradische Agar versagte in diesem Falle vollständig, da auch auf ihm die Proteusarten günstige Wachstumsbedingungen fanden und alles andere erdrückten.

Digitized by Google

In den übrigen Versuchen dieser Reihe zerrieb ich nicht mehr die Fliegen, sondern ich hing in die Aufbewahrungsgefäfse sterilisierte 1 cm breite, 8—10 cm lange Fliefspapierstreifen ein, liefs dieselben 4 bis 6 Stunden darin, gab sie in sterile Bouillon, schüttelte während $^1/_4$ Stunde oft und kräftig und gofs von der Bouillon wie oben Gelatineplatten. Bei Versuch 4 und 5 gab ich die Fliefspapierstreifen in toto in Röhrchen mit einer demnächst zu publizierenden, im hiesigen Institut von Roth aufgefundenen Typhus-Anreicherungsflüssigkeit, von der nach 16 bis 18 Stunden langem Halten bei 37° wieder Gelatineplatten gegossen oder in einzelnen Fällen v. Drigalski-Conradi'sche Platten ausgestrichen wurden. Von den Gelatineplatten stach ich die verdächtigen Kolonien in Zuckeragar, dessen Oberfläche ich zweckmäfsig ein wenig schräg erstarren liefs, man erhält dann gleichzeitig einen Strichbelag, der dann zum Agglutinieren benutzt wurde. Die Identifizierung geschah durch Austitrieren mit hochwertigem Typhus-Immunserum vom Kaninchen.

Versuchs-Nr.	Fliegen woher?	Zahl der gefüttert. Fliegen	Wie lange gefüttert	Art der Prüfung	Typhusbacillen nachweisbar (am wievielten Tage nach der Fütterung)	Typhusbac. nicht nachweisbar (am wievielten Tage nach der Fütterung)
1	Stall	16	18 St.	Zerrieben	3., 5. Tag	6., 8., 12., 14. Tag
2	Stall	18	18 »	Fliefspapier	5., 8. »	6., 11., 14., 16. »
3	Küche	12	24 »	do.	3., 6., 11. Tag	8., 13., 16. »
4	Stall	21	20 »	do.	3., 5., 7. »	9., 12, 15. »
5	Küche	19	24 »	do.	3., 5., 7., 9., 11., 15., 19., 23. Tag	12., 17., 25., 27. »

Als Ergebnis dieser Versuche ist hervorzuheben, dafs mit Typhusbacillen gefütterte Fliegen noch 23 Tage nach der Fütterung Typhusbacillen auf Objekte zu übertragen vermögen.

Weitere Versuche sollten über den Sitz der Typhusbacillen im Fliegenorganismus Aufschlufs geben. Die Thatsache, dafs an den von den Fliegen beschmutzten Papierstreifen Typhusbacillen nachweisbar waren, brauchte noch nicht dafür zu sprechen, dafs die Dejekte der Fliegen die Bacillen ent-

Digitized by Google

hielten. Denn beim Füttern kam ein grofser Teil der Aufsenfläche des Fliegenkörpers (Fühlerkölbchen, Fühlerborsten, Rüssel, Rüsselbürste, Beine und die unzähligen Borsten und Wimpern am ganzen Leib) mit der Typhusbouillon in Berührung, so dafs auch die Möglichkeit vorlag, dafs die Typhusbacillen sich hier so lange halten konnten.

Leider können die drei in dieser Richtung vorgenommenen Versuchsreihen diese Frage noch nicht entscheiden, die ja bei der Subtilität der anzuwendenden Technik nicht geringe Schwierigkeiten bietet. Ich bin vorläufig so vorgegangen, dafs ich Kopf, Flügel + Beine und Darminhalt gesondert auf Typhusbacillen prüfte, da mir eine systematische, einwandfreie Fliegensektion noch nicht geglückt ist. Bei der Kleinheit der inneren Organe ist eine völlig aseptische Entnahme derselben zum Zwecke der kulturellen Prüfung fast unmöglich. Die gefütterten und dann in Aufbewahrungsgefäfsen gehaltenen Fliegen wurden wie oben entnommen, durch Andrücken mit Glasstab an die Glaswand oder durch Ersticken (Einführen von Watte) getötet. Zum Befestigen des Fliegenkadavers diente Kork oder eine geprefste Torfplatte, auf welche steriles Fliefspapier durch Nadeln ausgespannt wurde. Auf diese Unterlage wurde der Fliegenkadaver gelegt, mit steriler feiner Pincette dekapitiert und der Kopf in Roth'sche Anreicherungsbouillon gegeben. Nun wurde der Kadaver auf den Rücken gelegt und mit sterilen Insektennadeln der Thorax gut fixiert. Mit steriler Haarpincette wurden die Flügel und Beine ausgezogen und in ein zweites Gläschen der Anreicherungsflüssigkeit übertragen. Mit heifser Schere teilte ich sodann in der Gegend des Afters den hintersten Teil des Leibes quer durch, hob mit Haarpincette in der linken Hand die Bauchhaut ein wenig ab und ging mit Haarpincette in der rechten Hand durch den Spalt in die Bauchhöhle ein, um die Bauchorgane herauszuziehen, die in ein drittes Gläschen Anreicherungsbouillon übertragen wurden. Durch Andrücken mit sterilem Glasstab an die Röhrchenglaswand wurden Kopf und Bauchorgane noch zerkleinert. Die weitere Untersuchung geschah wie oben.

Digitized by Google

Aus den Versuchsprotokollen sei mitgeteilt, dafs im Kopf 5 Tage nach der Fütterung, an Flügeln und Beinen ebenfalls 5 Tage und im Darm nach 9 Tagen Typhusbacillen sich nachweisen liefsen. Ich gedenke in der wärmeren Jahreszeit die Versuche von neuem aufzunehmen und insbesondere auch das biologische Verhalten der Typhusbacillen im Fliegenkörper, ferner ihr Verhalten bei der Metamorphose der Fliege in Betracht zu ziehen.

An der Ungleichmäfsigkeit des Ausfalls der Resultate trägt zum Teil die Verschiedenheit der angewandten Methodik des Nachweises der Typhusbacillen die Schuld, indessen wird man auch bei absolut sicheren Nachweisverfahren weitgehende Verschiedenheiten der Haltbarkeit der Typhusbacillen in Fliegen, besonders im Fliegendarm erhalten. Die jeweilige Darmbakterienflora ist wohl hier ausschlaggebend. Die Fliegen haben keineswegs eine einheitliche Darmbakterienflora: ich konnte in jeder von verschiedenen Orten bezogenen Fliege, die nicht mit Typhusbacillen gefüttert wurde, immer wieder andere Keimarten antreffen. Bei unseren Stallfliegen dominierten Proteus vulgaris und Proteus-ähnliche Spaltpilze, bei einzelnen waren reichlich Stäbchen aus der Heubacillengruppe anzutreffen. Die Küchenfliegen enthielten auffallend viel Kokken, daneben wieder Proteusarten. Relativ selten liefsen sich Bakterien aus der Coli-Gruppe nachweisen. Eine Zeitlang war der Befund an Schimmelpilzen häufig, besonders lange hielt sich Oidium lactis, wenn die Fliegen mit Milch gefüttert waren. Am regelmäfsigsten waren aber immer Proteusarten nachweisbar. So wird die Haltbarkeit der Typhusbacillen im Darm der Fliegen einmal davon abhängen, ob sie hier Antagonisten vorfinden oder nicht, dann wird die weitere Nahrungsaufnahme von Bedeutung sein müssen.

Es soll hier nicht näher darauf eingegangen werden, wie unter natürlichen Verhältnissen Fliegen im stande sind, Typhusbacillen aufzunehmen und weiterzutragen. Bei ihrer Naschhaftigkeit, ihrer Flugfähigkeit und der Eigentümlichkeit, alles zu betasten und zu beschmutzen, ferner bei ihrer Ubiquität, einerseits

Digitized by Google

in Krankenzimmern, Aborts, Pissoirs, im Müll, auf gedüngtem Gartenland u. s. f., anderseits bei ihrer Vorliebe für Küche und Speisekammer, für Milchgeschäfte, Gemüsehandlungen, Krämerläden, für Markthallen, Schlachträume, Wirtsstuben u. s. f., sind tausenderlei Möglichkeiten der Keimaufnahme und Weitergabe gegeben.

Wir können es heute schwerlich ermessen, ob ihnen bei der Weiterverbreitung des Typhus eine untergeordnete Rolle zukommt oder nicht. Wir stehen ja doch erst im Anfangsstadium der Erkenntnis der Typhusverbreitungsweise und werden ein klareres Bild über die Infektionsquellen erst gewinnen, wenn feinere und sicherere Methoden des Nachweises der Typhusbacillen gefunden sind: so lange werden wir uns vor Übertreibungen und andrerseits vor Geringschätzung einzelner Übertragungsarten hüten müssen. So segensreich die Erkennung des Wassers als Infektionsquelle gewirkt hat, so hat doch eine einseitige Betonung dieser Art der Übertragung dazu geführt, dafs heute der beamtete oder behandelnde Arzt nur in den seltensten Fällen an andere Infektionsquellen denkt und zur Verhütung der Weiterverschleppung der Typhuserreger genug gethan zu haben glaubt, wenn er das verdächtige Wasser, in welchem sie ja meist längst zu Grunde gegangen sind, vom Haushalt fern hält. Bei Gruppenerkrankungen und Einzelinfektionen ist jedenfalls die ausschliefsliche Anschuldigung des Wassers keineswegs befriedigend, und die Erfahrung drängt dazu, auch nach anderen, den Infektionserreger enthaltenden Medien zu suchen. Dafs die Fliege als Mittelglied hierbei in Betracht kommen kann, dafür bieten wohl die vorliegenden Versuche eine sichere Stütze.

Von hygienischem Interesse mufs ferner der häufige Befund von Proteus vulgaris und Spaltpilzen der Proteusgruppe im Fliegenschmutz erscheinen, die in ihrer Eigenschaft als Fleischverderber wirtschaftliche Schäden herbeiführen und in ihrer gesundheitschädigenden Bedeutung wohl noch keineswegs genügend gewürdigt sind.

Da, wie wir wissen, die Fliegen schliefslich auch noch zu anderen Infektionskrankheiten in Beziehung stehen und in

Digitized by Google

schlimmster Weise die Unsauberkeit, die die Hygiene bekämpft, befördern, so wird sich der Hygieniker nicht zu schämen brauchen, wenn er sich auch mit Fliegenfangmitteln beschäftigt.

Bei vergleichsweiser Prüfung einiger der empfohlenen Fliegentilgungsmethoden liefs sich die Überlegenheit des erst seit kurzer Zeit im Handel befindlichen Salonfliegenfängers der Gesellschaft für Patentverwertung m. b. H., Leipzig, über andere Verfahren — Fliegenfallen aus Glas, Draht, Fliegenpapier, Fliegendüten — deutlich beobachten. Seine Wirkung wird vor allem einer dem Leime beigemengten Insektenwitterung zugeschrieben.

Es wäre der Prüfung wert, ob dies vorzügliche Fliegenlockmittel auch auf Anopheles-Arten anziehend wirkt.

Digitized by Google

Die Bestimmung kleiner Kohlenoxydmengen in der Luft.

Von

Privatdozent Dr. **Spitta.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Von den fremdartigen Beimischungen, welche gelegentlich in der Luft bewohnter Räumlichkeiten auftreten können, hat von jeher das Kohlenoxyd das Interesse der Hygieniker besonders auf sich gelenkt. Allerdings war das Interesse für dieses giftige Gas früher vielleicht noch gröfser als heutzutage, denn die Verbesserungen in der Beleuchtungs-, Heizungs- und Lüftungstechnik und eine Reihe von sanitätspolizeilichen Bestimmungen haben zusammengewirkt, die Gefahren der Kohlenoxydgasvergiftung für den Menschen etwas zurückzudrängen. Trotzdem aber sind auch in der Neuzeit Kohlenoxydgasvergiftungen noch immer recht häufig, auch ist es nicht unwahrscheinlich, dafs es chronische Kohlenoxydvergiftungen gibt.

Bei der enormen Giftigkeit, die das Kohlenoxyd besitzt, bei dem Mangel sinnfälliger Attribute desselben (Geruch, reizende Wirkung auf die Respirationsorgane), war es immer das Bestreben der Experimentatoren, den Nachweis des Kohlenoxydes möglichst empfindlich zu gestalten, oder unsichere ältere Prüfungsmethoden durch zuverlässigere neuere zu ersetzen.

So ist denn im Verlauf der letzten Jahrzehnte, beginnend mit der Spectralprobe und der Hoppe-Seylerschen Natronlaugenprobe, eine grofse Reihe von Vorschlägen gemacht worden, um das

Digitized by Google

Kohlenoxyd in der Luft zu bestimmen, Vorschläge, die alle im einzelnen aufzuführen, wohl kaum ein Interesse hat.[1])

Bei der Mehrzahl der Proben wird das eventuell vorhandene Kohlenoxyd durch Schütteln der verdächtigen Luft mit Blutlösung an das Hämoglobin gebunden, und dann in der Blutlösung durch Zusatz gewisser Reagentien ein Niederschlag hervorgerufen, der bei Anwesenheit von Kohlenoxyd eine bestimmte Färbung aufweist, resp. die entstandene Farbe behält. Nur wenige Methoden gehen darauf aus, das Kohlenoxyd in der Luft direkt zu bestimmen (s. später).

In Deutschland dürften heutzutage immer noch folgende qualitative Methoden die gebräuchlichsten sein:

Einmal die Spectralprobe: die Empfindlichkeit derselben wird zu 2—2,5 ‰ CO in Luft angegeben.

Zweitens die Proben nach Welzel mit 1proz. Tanninlösung oder Ferrocyankalium und Essigsäure. Ihre Empfindlichkeit ist eine recht grofse und soll 0,023—0,03 ‰ betragen. Kostin[2]) zeigte, dafs durch Entfernung des Sauerstoffs aus der zu untersuchenden Luft die Empfindlichkeit der Welzelschen Probe gesteigert wird. Mit der gewöhnlichen Welzelschen Methode konnte er nur über 0,2 ‰ nachweisen, nach Entfernung des Sauerstoffs bis zu 0,023 ‰. Die Entfernung des Sauerstoffs geschieht mittelst eines aus Aspiratoren, Absorptionskölbchen etc. bestehenden, nicht sehr einfachen Apparates. Die Versuchsdauer beträgt 2—4 Stunden.

Als dritte üblichste und bekannteste Methode ist die von Fodor zu nennen, welcher Palladiumchlorür als Reagens benutzt. (Empfindlichkeit 0,05 ‰.)

Die angeführten Methoden kann man, wie gesagt, sämtlich als qualitative bezeichnen. Auch die Fodorsche Methode, welche allgemein in den Lehrbüchern bisher als eine quantitative Methode aufgeführt zu werden pflegt, ist streng genommen

1) Eine, allerdings nicht vollständige, Aufzählung der Proben findet sich bei Sachs, Die Kohlenoxydvergiftung. Braunschweig, Verlag von Fr. Vieweg, S. 91 u. ff.

2) Kostin, Über den Nachweis minimaler Mengen Kohlenoxyd in Blut und Luft. Pflügers Archiv, Bd. 83 (1900), S. 572.

Digitized by Google

nur eine qualitative.[1]) Das »reduzierte Palladium« sagt Gruber »entspricht stets nur einem kleinen Teile des vorhandenen Kohlenoxyds, und zwar deshalb, weil vom Blute stets nur ein kleiner Teil des vorhandenen Gases absorbiert wird. Von der unvollständigen Absorption kann man sich leicht überzeugen. Ich habe wiederholt folgenden Versuch gemacht: In eine 20 Literflasche werden 2 ccm CO gebracht, 10 ccm Blut hinzugefügt, geschüttelt; nach längerer oder kürzerer Zeit, nach wiederholtem Umschütteln wird das Blut entleert, die Flasche mit etwas Wasser ausgespült, hierauf eine frische Blutmenge eingebracht und so das Verfahren drei bis vier Mal und öfter wiederholt. Stets war das Resultat dasselbe. Niemals absorbierte eine Blutprobe alles vorhandene Kohlenoxyd, gleichgültig, ob sie 20 Minuten oder 3 Stunden mit dem Gasgemische in Berührung blieb. Dagegen gab jede Probe, auch die letzteingebrachte, noch in Fodors Apparat die Kohlenoxydreaktion[2]).

Was die eigentlichen quantitativen Methoden zur CO-Bestimmung betrifft, so scheiden natürlich für die vorliegenden Verhältnisse alle die Methoden aus, welche gröfsere Mengen dieses Gases zu bestimmen haben, also die gastechnischen. Es sind dies bekanntlich entweder Absorptionsmethoden (mit salzsaurem oder ammoniakalischen Kupferchlorür) oder Oxydationsmethoden. Die Absorptionsmethoden sind nicht sehr zuverlässig. Unter den Oxydationsmethoden ist wohl die beste die von Winkler[3]) angegebene, unter Zuhilfenahme von schwach erhitztem Palladiumasbest. Neuerdings wird auch das Jod-

1) Vgl. Gruber, Archiv f. Hygiene, Bd. I, S. 163.

2) Bei dieser Gelegenheit sei bemerkt, dafs die Benutzung des Palladiumchlorürs als Reagens auf Leuchtgas bezw. Kohlenoxyd schon alt ist. Schon 1859 hat Böttger es dafür empfohlen, 1865 hat es Eulenburg als Reagens auf CO benutzt. Seine Verwendung für quantitative Zwecke wurde 1883 von Welitschkowsky (Arch. f. Hyg., Bd. I) beschrieben. Später hat Bunte (1884) die Empfindlichkeit der Reaktion studiert und gefunden, dafs man durch mit Palladiumchlorür getränktes Papier noch 0,04 ‰ CO nachweisen kann.

3) Winkler, Anleitung zur chemischen Untersuchung der Industriegase. 2. Abt., 257.

Digitized by Google

säureanhydrid zu gleichem Zwecke empfohlen.[1]) (Vgl. darüber auch später.)

Schliefslich wird auch noch die Überleitung über glühendes Kupferoxyd und Messung der gebildeten Kohlensäure angewandt, zumal dort, wo es sich um kleinere Gasmengen handelt (Methode von Fresenius 1864).[2])

Quantitative Methoden dagegen zur Bestimmung kleinster CO-Mengen sind erst in den letzten Jahren veröffentlicht worden, und zwar hauptsächlich von französischer Seite.

Ich sehe hier ab von den Methoden, welche Schlagdenhauffen und Pagel angegeben haben[3]): Reduktion von Silberoxyd bei 60°, von Kupferoxyd bei 300° durch Kohlenoxyd, und Messung der gebildeten Kohlensäure resp. Bestimmung der Gewichtsabnahme der Oxyde, sowie von den Methoden, welche von Potain und Drouin[4]) und Saint-Martin[5]) angeführt sind, und beschränke mich hier auf die Beschreibung der beiden Methoden, welche sich des Jodsäureanhydrids bedienen, und welche unabhängig von einander Nicloux[6]) und Gautier[7]) in einer etwas verschiedenen Form publiziert haben. Ich beschreibe sie etwas ausführlicher, weil sie nicht so allgemein bekannt sein dürften wie die bisher gebräuchlichen.

1) Smits, Raken und Terwogt, Bestimmung von Kohlenoxyd im Leuchtgas. J. f. Gas u. Wasser, 1901, S. 104.

2) Vgl. auch Kreis, Das Schicksal des Kohlenoxyds bei der Vergiftung nach Einwirkung desselben. Archiv f. Physiol., XXVI, 1881, S. 425.

3) Sur un nouveau procédé de dosage de l'oxyde de carbone. C. R., 1899, p. 309.

4) Potain et Drouin, Sur l'emploi du chlorure de palladium pour la recherche dans l'air de très petites quantités d'oxyde de carbone, et sur la transformation de ce gaz à la temperature ordinaire en acide carbonique. C. R., 1898, I, p. 938.

5) Sur le dosage de petites quantités d'oxyde de carbone dans l'air et dans le sang normal. C. R., 1898, I, p. 1036.

6) Nicloux, Dosage chimique de l'oxyde de carbone contenu dans l'air, même à l'état de traces. C. R., 1898, I, p. 746.

7) Gautier, Sur le dosage de l'oxyde de carbone dilué dans de grandes quantités d'air. C. R., 1898, I, 793. Etude preliminaire d'une méthode de dosage de l'oxyde de carbone dilué dans l'air. Ibid., p. 931. Méthode, pour reconnaître et doser l'oxyde de carbone en présence des autres gaz carburés de l'air. Ibid., p. 1299.

Digitized by Google

Die Methode von Nicloux gestaltet sich folgendermaſsen[1]): Jodsäureanhydrid setzt sich in der Wärme mit Kohlenoxyd um zu freiem Jod und Kohlensäure nach der Gleichung:

$$J_2O_5 + 5CO = J_2 + 5CO_2.$$

Nicloux bestimmt die bei dieser Umsetzung freiwerdenden, dem vorhandenen Kohlenoxyd adäquaten Jodmengen kolorimetrisch.

Das zu untersuchende Gas, welches beispielsweise mit der Quecksilberluftpumpe dem Blute entzogen ist, befindet sich — etwa 200 ccm zusammen — in einer mit einem Hahn versehenen Gasglocke. Von hier aus wird das Gas durch eine U-förmige Röhre geleitet, welche Kalihydrat in kleinen Stücken enthält, dann durch eine ebensolche mit Schwefelsäurebimsstein, schlieſslich in ein U-förmiges Rohr, welches Jodsäureanhydrid enthält, und das im Ölbade bei 150° gehalten wird. Sodann folgt eine Willsche Absorptionsröhre mit 10 ccm Natronlauge (5 ccm Natronlauge vom sp. G. 1,2 + 5 ccm dest. Wasser). Den Beschluſs macht eine Mariottesche Flasche als Aspirator. Man aspiriert langsam, höchstens 10 ccm pro Minute, und wäscht schlieſslich mit atmosphärischer Luft nach.

Das CO haltige Gasgemisch, von CO_2 und H_2O befreit, zersetzt sich mit dem Jodsäureanhydrid. Der freiwerdende Joddampf wird in der Natronlauge absorbiert.

Man spült schlieſslich die Natronlauge in einen engen, 100 ccm fassenden Glascylinder, bringt das Volumen auf 50 ccm, macht mit Schwefelsäure sauer, gibt 5 ccm Chloroform oder Schwefelkohlenstoff, und endlich einige Centigramme Natriumnitrit hinzu, und schüttelt kräftig. Das freiwerdende Jod färbt das Chloroform rot. Man vergleicht diesen Farbenton mit dem, welchen man erhält, indem man den Versuch unter sonst gleichen Bedingungen in einem zweiten Glascylinder wiederholt (45 ccm Wasser, 5 ccm Natronlauge, Schwefelsäure, 5 ccm Chloroform, einige Centigramme Natriumnitrit) unter Hinzufügung einer Jodkaliumlösung von bekanntem Gehalt (0,1 mg pro ccm) mittels einer Bürette. Man läſst bei zeitweisem Durchschütteln soviel Jodkalilösung zuflieſsen, bis Farbengleichheit vorhanden ist.

70 Gewichtsteile Kohlenoxyd entsprechen 127 Gewichtsteilen Jod. Das Volumen CO bei 0° und 760 B. findet man folgendermaſsen: Man dividiert die Anzahl der verbrauchten mg Jodkalium durch 3 (genauer 2,97) und findet das CO in ccm.

Z. B. verbraucht 12 ccm Jodkaliumlösung (0,12 mg). CO-Gehalt = 0,04 ccm.

Wasserstoff und Methan sollen unter den gleichen Bedingungen keine Reduktion hervorrufen.

Von Nachprüfungen dieser Methode sind mir nur diejenigen von Kinnicut und Sanford bekannt[2]). Sie geben an, daſs die Bestimmung

1) Nach Desgrez et Nicloux, Recherches sur un mode de décomposition partielle du chloroforme dans l'organisme, reduction d'oxyde de carbone dans l'organisme. Archive de Physiologie normale et Pathologique, 1898, p. 381.

2) Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorg., 1900, S. 257.

Digitized by Google

des Jods kolorimetrisch oder die Bestimmung der gebildeten Kohlensäure ihnen schlechte Resultate geliefert habe. Gute Resultate erhielten sie jedoch, wenn sie das ausgeschiedene Jod mit $^1/_{100}$ Normalnatriumthiosulfatlösung titrierten. Sie konnten mit dieser Methode einen CO-Gehalt in der Luft von 0,025 ‰ nachweisen.

Gautier geht etwas anders vor[1]. Die kohlenoxydhaltige Luft wird erstens durch eine Barytröhre gesaugt, welche die letzten Spuren der von vornherein vorhandenen Kohlensäure entfernen soll, dann durch Schwefelsäure geleitet und dann durch ein schlangenförmiges Absorptionsgefäfs, welches mit Jodsäureanhydrid bepuderten Asbest enthält. Dasselbe wird im Wasserbade bei 70° gehalten. Es folgt eine Röhre mit im Wasserstoffstrom reduziertem Kupferpulver zum Zurückhalten der Joddämpfe, dann eine 80 cm lange Röhre, welche durch mit Kalilauge befeuchtete Glasperlen gefüllt ist. Hier wird die gebildete CO_2 absorbiert, später durch Säure nach der Methode von Müntz und Aubin[2]) wieder ausgetrieben und volumetrisch bestimmt, eine Methode, welcher Gautier nachrühmt, dafs sie wenigstens $^1/_2$ Zehntel ccm sicher erkennen läfst[3]).

Von den Beleganalysen mit künstlichen Kohlenoxydluftmischungen seien einige angeführt.

In ca. 10 l Luft

berechnet	gefunden	Differenz
19,93 ccm CO	19,91	— 0,02
12,62 » »	12,35	— 0,27
10,10 » »	9,94	— 0,16
1,45 » »	1,34	— 0,11.

Jeder ccm CO liefert einen ccm CO_2 und jeder ccm CO bei 0° und 760° macht 2,268 mg Jod frei, das durch das Kupfer fixiert wird. Darum läfst sich auch aus der Zunahme des Gewichtes der Kupferröhre auf die vorhandene CO-Menge schliefsen. Wasserstoff, Methan und die aromatischen Kohlenwasserstoffe wirken bei der angeführten Temperatur nach Gautier nicht auf J_2O_5 ein, wohl aber reduzieren Äthylen und Acetylen teilweise die Jodverbindung.

Um diesen Fehler auszuschalten, gibt Gautier eine so difficile Versuchsanordnung an, welche auf Wägungen der Jodsäureröhre, der Kupferröhre, des gebildeten Wassers und der gebildeten CO_2 bis auf Bruchteile von Milligrammen hinausläuft und sich auf indirekte Berechnungen stützt, dafs dieselbe eine praktische Bedeutung nicht haben kann. Ich verzichte

1) Ich folge hier der ausführlichen Beschreibung, wie ich sie finde in: Gautier, Les gaz combustibles de l'air; l'hydrogène atmosphérique. Annales de Chimie et de Physique, 7. Série, I, XXII. Paris 1901, S. 5—110.

2) C. R., T. 126, p. 933.

3) Da die Kalilauge schon von vornherein unbekannte Mengen von CO_2 absorbiert enthalten kann, dürfte diese Methode wohl vielfach zu hohe Resultate liefern.

Digitized by Google

daher hier auf die ausführliche Wiedergabe dieser umständlichen Methode und mufs auf ihre Beschreibung verweisen[1]).

Die Genauigkeit seiner Methode schätzt Gautier mindestens auf den Nachweis von 0,05 ‰ CO in der Luft.

Die Jodsäuremethode ist, wie oben erwähnt, von Smits, Raken und Terwogt in die technische Gasanalyse eingeführt worden. Ich hatte dieselbe schon vor der Publikation durch diese Autoren in der gleichen Weise ausprobiert, bin aber damals davon zurückgekommen, weil die Jodsäureröhre durch Feuchtigkeitsaufnahme bald undurchlässig wird und sich verstopft. Jedenfalls sehe ich in derselben nicht den geringsten Vorteil gegenüber der Winklerschen Palladiummethode, wenn die genannten Autoren auch den gerügten Übelstand beseitigt zu haben glauben.

Schliefslich sei erwähnt, dafs Gréhant[2]) zu seinen Kohlenoxydbestimmungen einen sogen. Grisoumeter benutzt. Er läfst Tiere in der zu untersuchenden Luft atmen, entgast dann das Blut und analysiert das Gas. Er will mit seinem Grisoumeter einen Kohlenoxydgehalt der Luft von 0,01 ‰ noch nachweisen können.

Wie man sieht, sind alle quantitativen CO-Bestimmungen sehr umständlich. Das gilt ebenso von der Fodorschen (wenn man dieselbe überhaupt als quantitative gelten lassen will) als auch von denen der französischen Autoren. Die einfache Verbrennung über glühendem Kupferoxyd mit Messung der gebildeten Kohlensäure wäre ziemlich brauchbar, wenn nicht dabei neben dem CO noch eine Menge anderer Körper verbrennten. Zwar hat Jäger[3]) auch eine fraktionierte Verbrennung mit Kupferoxyd angegeben, dieselbe ist aber nur für die technische Gasanalyse berechnet.

Ich habe anfänglich, ehe ich auf meine weiter unten zu besprechende Methode kam, versucht, auch kleine Mengen von CO in grofser Verdünnung durch Überleiten über Palladiumasbest nach Winkler zu bestimmen. Es hat dieses Verfahren aber so viele Schattenseiten, dafs ich nach mannigfachen Versuchen davon abgekommen bin. Will man einigermafsen sicher sein, dafs alles Kohlenoxyd bei einmaligem Durchgang durch die mit

---

1) Gautier, a. a. O. Annal. de Chim. et de Phys., p. 28—29. C. R., 1898, p. 1299 sq.

2) Comptes rendus, 1894, II, p. 146 und 1900, II, p. 929.

3) Über eine volumetrische Bestimmung von Wasserstoff, Methan und Stickstoff in Gasgemischen durch fraktionierte Verbrennung mit Kupferoxyd. J. f. G. u. W., 1898, S. 764.

Digitized by Google

Palladiumasbest ausgefüllte auf 150° erhitzte Glascapillare verbrennt (in der technischen, Gasanalyse wird bekanntlich das Gas mehrmals in langsamem Strom über das erhitzte Palladium hin und hergeführt), so mufs man das Gas so langsam passieren lassen, dafs für gröfsere Luftvolumina der Versuch sich unendlich lange ausdehnt. Dieser Umstand macht sich übrigens auch bei den anderen quantitativen Methoden (besonders bei den französischen) geltend, wo die Geschwindigkeit des Gasstromes 600 bis 1500 ccm pro Stunde nicht überschreiten soll. Ich suchte diesen Nachteil zu beseitigen, indem ich in zickzackförmig gebogenen Capillarröhren 10—12 Stücke von Palladiumasbest hintereinander einbrachte, und dafür den Strom beschleunigte.[1]) Die Röhren verstopften sich aber bald und wurden unbrauchbar. Auch war trotzdem die Oxydation keine vollkommene. Entnimmt man die zu untersuchenden Luftproben nicht an demselben Orte, wo man auch die Analyse ausführt, so mufs man aus dem grofsen Gasrecipienten, welche die an anderer Stelle geschöpfte Luftprobe enthält, die Luft durch eine Sperrflüssigkeit verdrängen. Dies ist ebenfalls ein Übelstand. Zwar ist ja der Partiardruck, der nur in kleinen Dosen der Luft beigemengten verbrennlichen Gase klein, und demzufolge auch ihre Absorption in der Sperrflüssigkeit. Immerhin spielt das bei grofsen Gas- und Wassermassen und bei der langen Dauer des Versuches doch eine Rolle, zumal wenn der Absorptionskoefficient kein zu niedriger ist.[2]) Salzlösungen (gesättigte NaCl-Lösung) als Sperrflüssigkeiten anzuwenden, ist ebenfalls für gröfsere Gasmassen lästig.

Sperrflüssigkeiten überhaupt zu vermeiden, die Oxydation durch Bietung grofser Oxydationsflächen schneller vor sich gehen zu lassen, schien mir nötig,

1) Die Rohrsysteme hingen dabei in einem Luftbad von ca. 150°.

2) Ein Volumen Wasser von 20° absorbiert nach Winkler Volumina Gas reduziert auf 0° und 760 B.

Äthylen . . .	0,1488
Ammoniak . .	654,0000
Kohlenoxyd . .	0,0231
Methan . . .	0,0350
Sauerstoff . . .	0,0284.

Digitized by Google

wenn die Palladiumasbestmethode zur quantitativen Bestimmung kleinster Mengen oxydierbarer Luftbeimischungen brauchbar gemacht werden sollte.

Ich habe daher folgendes Verfahren eingeschlagen. Das Gefäſs, weches die zu untersuchende Luft aufnimmt, ist eine ca. 10—11 l enthaltende Glasflasche mit weitem Halse. In denselben paſst exakt und luftdicht eingeschliffen das Verschluſsstück. Das Verschluſsstück wird durchbohrt einmal von zwei eingeschmolzenen Glasröhren von etwa 2 mm lichter Weite *a* und *b* (siehe Figur). *b* mündet dicht unter der Kuppe des Verschluſsstückes, *a* geht bis auf den Boden der Flasche herab, und ist so gebogen, daſs sein Ende im äuſsersten Winkel des Flaschenbodens liegt, beide Röhren sind auſserhalb der Flasche durch je einen gut eingeschliffenen Glashahn abgeschlossen. Ferner wird das Verschluſsstück durchbohrt von zwei ca. 2 mm starken Kupferdrähten (*c*, *c*), welche in zwei Öffnungen des Einsatzes luftdicht eingekittet sind.

Der eine längere Draht trägt an seinem unteren Ende angelötet ein platiniertes trichterförmiges Kupferblech, welches dem unteren Pol des Oxydationskörpers (*o*) als Stütze dient, der kürzere Draht trägt einen Haken, an welchem der obere Teil des Oxydationskörpers befestigt wird. Über Konstruktion und Herstellung desselben siehe weiter unten.

Neben diesem einen Flaschenapparat, welchen wir als »Oxydationsflasche« bezeichnen wollen, ist noch eine zweite Flasche in den gleichen Dimensionen nötig. Dieselbe ist eingerichtet wie die Oxydationsflasche, nur fehlen die Drähte und der Oxydationskörper, dafür trägt sie zweckmäſsigerweise ein Luftthermometer (siehe die Abbildung).

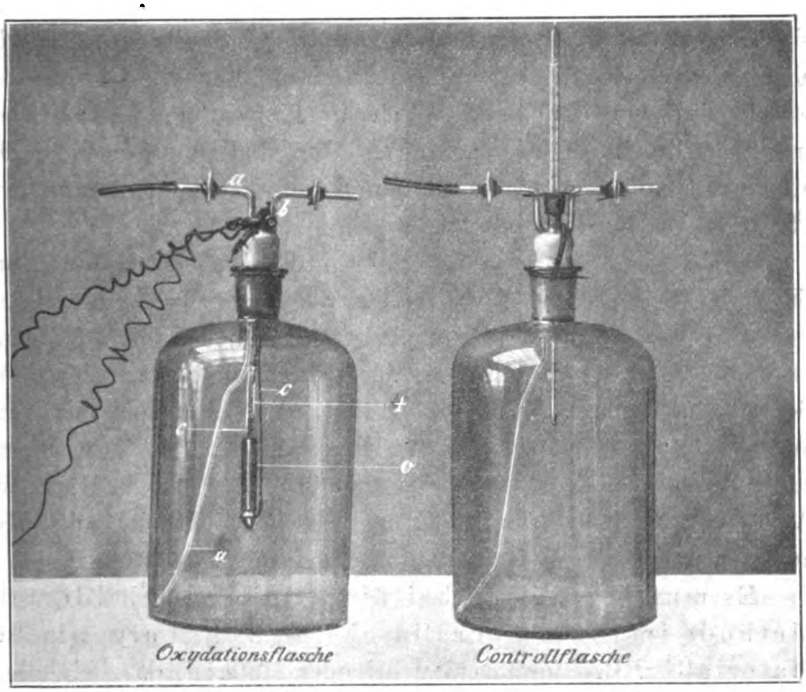
Der Oxydationskörper (*o*) besteht aus einem ca. 14 mm im Durchmesser haltenden, ca. 19 cm langen cylindrischen Gefäſs von gut gekühltem widerstandsfähigem Glase. In dasselbe von oben her eingelassen und eingeschmolzen ist ein Thermometer (*t*), welches, von 5 zu 5° geteilt, die Skala von 100°—360° aufweist. Der eingeschmolzene Teil des Thermometers ist umgeben von einer Spirale aus 0,5—0,75 mm starken Nickelin-

Digitized by Google

draht, welcher oben und unten in Verbindung steht mit je einer kräftigen, in das Glas eingeschmolzenen Platinöse.

Am unteren Ende trägt der Glascylinder aufsen einen Wulst, auf welchen sich der überzuschiebende, mit Palladium präparierte Metallcylinder stützt.

Dieser Cylinder, 80 mm lang, und so weit, dafs er sich gerade bequem über den Glascylinder von oben her überschieben



läfst (16 mm Durchmesser) besteht aus genietetem Silberblech. Seine Aufsenfläche wird auf folgende Weise mit einer Schicht schwarzen metallischen Palladiums überzogen: Man schiebt ihn auf einen passenden Glascylinder und senkt ihn für 2—3 Minuten mit demselben in konzentrierte Salpetersäure, wodurch die Oberfläche rauh, arrodiert wird, die Oberfläche wird dann mit Wasser abgespült, der Cylinder leitend mit einem isolierten Kupferdraht verbunden, und dann in ein Glasgefäfs gebracht, in welchem sich eine Thonzelle befindet.

Digitized by Google

Der Raum aufserhalb der Thonzelle wird mit verdünnter salzsaurer Palladiumchlorürlösung gefüllt. In das Innere der Thonzelle kommt ein mit einem Kupferdraht leitend verbundener Zinkstab nebst verdünnter Salzsäure. Verbindet man die beiden Kupferdrähte vom Zink und vom Silber mittels Klemmschraube, so entsteht ein elektrischer Strom, und mit demselben zugleich eine lebhafte chemische Umsetzung. Der Silbercylinder, welcher gänzlich in die Palladiumchlorürlösung eintauchen mufs, bedeckt sich mit einer Schicht schwarzen metallischen Palladiums. Nach abgelaufener Zersetzung nimmt man den Silbercylinder heraus, wäscht ihn vorsichtig einige Zeit in fliefsendem Wasser und trocknet ihn im Trockenschrank. Die Palladiumschicht hält auf dem Cylinder genügend fest und lange Zeit, wenn man ihn gegen gröbere Insulte schützt.

Nachgebildet ist dieses Verfahren der Verplatinierung von Silberelektroden in den Smeeschen Elementen.[1]

Ich bin auf diese Art der Präparierung erst gekommen, nachdem mannigfache andere Versuche fehlgeschlagen waren. So wählte ich anfangs Asbeströhren, die ich nach der von Winkler angegebenen Methode[2] imprägnierte, sodann Thonzellen mit Palladiumchlorür und Ammoniumoxalat behandelt u. s. w. Alle diese Herstellungsarten bringen grofse Nachteile mit sich, auf die im einzelnen einzugehen zu weit führen würde.

Es mufs überhaupt bei dieser hier geschilderten Methode im Innern der Flasche jegliches organische Material (z. B. Gummischläuche) oder Material, das bei höheren Temperaturen Säuren abgeben könnte (Reste von kohlensaurem Salze bei der Imprägnation nach Winkler etc.), peinlichst vermieden werden, auch ist es nicht angängig, statt der eingeschliffenen Verschlufsstücke bei den Flaschen Gummistopfen zu verwenden, da dieselben Kohlensäure absorbieren. Der gröfste Teil meiner anfänglichen Versuche ist mir durch die Verwendung solcher improvisierter Apparate verloren gegangen.[3]

1) Gmelin, Handbuch d. anorgan. Chemie, 5. Aufl., Bd. I, S. 379.

2) Winkler, Lehrbuch d. technischen Gasanalyse, 2. Aufl., S. 145.

3) Den von mir beschriebenen Apparat liefert W. Niehls, Berlin N. Schönhauser Allee 168 a.

Digitized by Google

Das ganze Verschlufsstück mit den anhängenden Teilen mufs sich bequem aus der Flasche herausheben lassen. Um zu verhindern, dafs dasselbe bei stärkerem positiven Druck aus der Flasche herausgedrängt wird, ist noch ein elastisches Halteband angebracht.

Nach Überschieben des mit Palladium imprägnierten Silberbleches über den mit eingeschmolzenem Thermometer und Nickelinspirale versehenen geschlossenen Glascylinder werden die herausstehenden Platinösen des letzteren an die Kupferdrähte sicher befestigt, so dafs der Cylinder nicht hin und her schlottern kann. Setzt man nun das gut eingefettete Verschlufsstück ein und verbindet die herausragenden Kupferdrähte mit den Polen eines Accumulators oder der elektrischen Leitung, so erwärmt sich, je nach der Stromspannung die Nickelinspirale mehr oder minder stark, wie das Steigen des eingeschmolzenen Thermometers anzeigt, es erwärmt sich dementsprechend der Glasmantel des Cylinders und das übergeschobene Silberblech mit dem Palladiumüberzug.

Es erwärmt sich schliefslich die Luft an der Palladiumfläche, steigt in die Höhe, kühlt sich ab, sinkt wieder nach unten u. s. f., d. h. es entsteht im Innern der geschlossenen Flasche eine kontinuierliche Luftcirkulation, welche allmählich alle Teile des Luftquantums mit der heifsen Palladiumfläche in Berührung bringt, ähnlich wie ein eiserner Ofen ein Zimmer durch Cirkulation heizt.

Alle in der Luft vorhandenen Bestandteile, welche in Berührung mit heifsem feinverteiltem Palladium verbrennen (vgl. weiter unten), werden dadurch oxydiert und die Verbrennungsprodukte (z. B. Kohlensäure) mischen sich dem abgeschlossenen Luftquantum bei und erhöhen dessen Acidität.

Kennt man nun die Acidität der zu untersuchenden Luft vor der Oxydation und nach der Oxydation, so ergibt die Differenz die Menge der vorhanden gewesenen verbrennbaren Substanzen.

Über erhitztem Palladium verbrennen nun bekanntlich verschiedenartige Körper, je nach der

Temperatur, die man anwendet. Von dieser Thatsache ausgehend, hat schon Henry[1]) versucht, Gasgemische durch fraktionierte Verbrennung voneinander zu trennen.

Er gibt an, dafs aus einem Gemisch von Wasserstoff Kohlenoxyd, Sumpfgas und Sauerstoff durch Überleiten desselben über auf 177° erhitzten Platinschwamm das Kohlenoxyd und der Wasserstoff durch Verbrennen entfernt werden können.

Da diese Reaktion nicht zu einer leicht zu handhabenden Methode ausgebildet wurde, so hat sie sich in der Gasanalyse keinerlei Eingang verschafft, bis Bunte[2]), Hempel[3]) und Winkler[4]) sie in von einander etwas verschiedener Form in die technische Gasanalyse einführten.

Über die Temperaturen, bei denen die verschiedenen in der Luft vorkommenden Gase über Palladium verbrennen, läfst sich folgendes sagen: Nach Winkler verbrennt am leichtesten und schnellsten der Wasserstoff, etwas weniger leicht, aber immer noch sehr bequem das Kohlenoxyd, langsam und nur bei verstärkter Hitze Äthylen, Acetylen und Benzol, gar nicht, oder doch nur in sehr geringfügigem Mafse das Methan.

Nähere Angaben über die Verbrennungstemperaturen über Palladium sind mir nicht bekannt; nur die Untersuchungen von Philipps[5]), dessen Angaben aber vielfach im Widerspruch stehen zu den Mitteilungen Winklers.

Nach Philipps beginnt die Verbrennung von Wasserstoff und Luft über Platin- und Palladiumasbest bei 50—60°. Unter den Kohlenwasserstoffen bieten nach ihm im allgemeinen in Gegenwart von Palladium die Paraffine (Methan, Äthan etc.) der Oxydation den stärksten Widerstand, die Olefine (Äthylen,

---

1) Annales of Philosophy, 25, 428, cit. nach Hempel, Die fraktionierte Verbrennung von Wasserstoff und Sumpfgas. Ber. d. deutschen chem. Ges., XII (1879), S. 1006.

2) Ber. d. deutschen chem. Ges., XI, 1123.

3) a. a. O. und gasanalytische Methoden, 1890, S. 136.

4) Lehrbuch d. techn. Gasanalyse, 1892, S. 145.

5) Americ. Chem. Journ., 16, p. 163—187 u. 255—277. Ref. Ber. d. deutschen chem. Ges., 27, 4, 462.

Digitized by Google

Propylen etc.) den geringsten. Acetylen und Kohlenoxyd stehen in der Mitte.

Methan verbrennt nach Philipps über Palladiumasbest erst zwischen 404 und 451°. Ebenso Äthan.

Da ich weitere Angaben, wie gesagt, in der mir zu Gebote stehenden Litteratur nicht aufgefunden habe, die Ergebnisse sich aber teilweise widersprechen, so habe ich selbst noch einige Versuche nach dieser Richtung hin zu meiner Orientierung vorgenommen.

Ich benutzte zu diesem Zweck eine Glasröhre von ca. 0,5 cm lichter Weite, in welche auf der einen Seite conachsial ein Thermometer eingeschmolzen war, dessen Mantelraum in direkter Kommunikation mit dem Innern der Röhre stand. Die Röhre selbst war bis über das Quecksilbergefäſs des Thermometers hinauf mit 50 proz. Palladiumasbest locker angefüllt, die ganze Röhre mit einer Nickelindrahtspirale umgeben und dann noch mit einem Glasmantel versehen. Mit Hilfe des elektrischen Stromes und eines Rheostaten lieſs sich das Innere der Röhre auf jede gewünschte Temperatur bringen.

Durch diese Röhre leitete ich das zu untersuchende Gas, nachdem es vorher genügend mit Luft gemischt, und die Mischung durch eine Waschflasche mit Barytwasser von allen sauren Bestandteilen (vor allem CO_2) befreit war, in langsamem Strom. Hinter der Palladiumasbeströhre war dann ein ca. 30 ccm fassendes Waschfläschchen eingeschaltet, das etwa 10 ccm einer 0,2 proz., mit Phenolphthaleïn rot gefärbten Sodalösung enthielt. Die Entfärbung dieser Flüssigkeit gab mir den Zeitpunkt und damit die Temperatur an, bei der die saueren Oxydationsprodukte auftraten. Mit dieser Methode konstatierte ich folgendes;

1. Kohlenoxyd wird von 125° an zu CO_2 oxydiert,
2. Benzoldämpfe werden zwischen 210 und 220° oxydiert
3. Alkoholdämpfe zwischen 220 und 230°,
4. Äthyläther zwischen 180 und 200°,
5. Petroleumäther zwischen 190 und 210°,
6. Acetylen zwischen 250 und 300°,

Digitized by Google

7. Äthylen[1]) zeigte bis zu 300° noch keine Oxydationserscheinungen, bei höheren Temperaturen zu prüfen, erlaubte mir leider meine Vorrichtung nicht.

Aufserdem bestimmte ich noch die Oxydationstemperatur des Ammoniaks, für welches ich 170—180° fand. Schwefelwasserstoff wird oxydiert zu Schwefel und Wasser.

Diese Befunde stimmen nicht ganz mit den oben angeführten von Philipps überein, da das Kohlenoxyd in Bezug auf seine Verbrennlichkeit in meinen Versuchen an erster Stelle steht, während Philipps es zusammen mit dem Acetylen zwischen die Olefine und Paraffine einschiebt. Dafs das Äthylen in meinen Versuchen bis 300° keine Verbrennungserscheinungen zeigte, liegt auch zum Teil vielleicht daran, dafs nach Wilde[2]) Äthylen in Gegenwart von Platinschwarz (also wohl auch von Palladiumschwarz) Äthan bildet, welches ja ebenso wie das Methan erst über 400° oxydiert wird.

Philipps gibt im Gegensatz dazu, wie oben citiert, an, dafs die Olefine am leichtesten angegriffen werden.

Übrigens soll die Oxydation des Kohlenoxyds nach ihm bei Gegenwart von Wasserstoff schon unter 100° beginnen. Dies scheint, nach dem Ausfall meiner Untersuchungen, richtig zu sein[3]). Halte ich mich demnach an die Angaben von Winkler und meine Versuche, so mufs es möglich sein — vom Wasserstoff sehe ich ab — bei Einhaltung bestimmter Temperaturen (z. B. 150°) das Kohlenoxyd gesondert zu verbrennen, während bei höheren Temperaturen Kohlenwasserstoffe mit verbrennen (aufser Äthan, Methan und vielleicht Acetylen).

Da es mir zunächst darauf ankam, eine quantitative Bestimmung kleinster Kohlenoxydmengen durch Verbrennung zu erreichen, so mufste ich versuchen, bei meinem Apparat die Temperatur der Palladiumfläche zu messen, zu regulieren und konstant zu erhalten.

1) Rein, aus Äthylenbromid und Zink hergestellt.

2) Ber. d. deutschen chem. Gesellschaft, Bd. VII, S. 354, 357.

3) Vgl. S. 306 und 307.

Digitized by Google

Die Messung würde am sichersten thermoelektrisch ausgeführt werden. Aus äufseren Gründen war das in diesem Fall mit Schwierigkeiten verknüpft, und ich habe daher eine annähernde Messung (Differenzen von einigen Graden spielen hier keine Rolle) auf folgendem Wege versucht.

Das in dem Oxydationskörper eingeschmolzene Thermometer gibt natürlich nicht die Temperatur des Palladiummantels an. Letzterer ist stets niedriger temperiert als das innere Thermometer anzeigt. Dagegen gibt das Thermometer darüber Auskunft, ob Temperaturschwankungen eintreten, und diese Schwankungen der Innentemperatur werden im gleichen Sinne auf die Temperatur der Mantelfläche wirken.

Legt man ein gewöhnliches Thermometer mit seinem Quecksilbergefäfs an die Mantelfläche, so wird dasselbe die Temperatur zu tief angeben. Einige Abhilfe läfst sich schaffen, wenn man das Quecksilbergefäfs mit einer Lage Asbestpapier nach aufsen hin zudeckt, das relativ beste aber schien es mir zu sein, Substanzen von bekanntem Schmelzpunkt auf die heifse Mantelfläche aufzutragen und daran die Temperatur der Fläche zu messen.

Die Temperatur, welche für die Verbrennung des Kohlenoxyds wünschenswert ist, beträgt 150—160°. Als Testmaterial für diese Temperatur empfiehlt sich die Citronensäure, welche bei 154°, und der Rohrzucker, welcher bei 160° schmilzt. Will man Temperaturen über 200° haben, so kann man entsprechend höher schmelzende Substanzen benutzen.

Die Variation der Temperaturen geschieht am besten durch Einschalten eines Rheostaten.

Benutzt man den Strom einer städtischen Centrale, so ist derselbe zumeist als gleichmäfsig anzusehen, und bei derselben Rheostatenstellung wird nach kurzem die Temperatur des Innenthermometers stets die gleiche sein und sich konstant halten. In meinen Versuchen konnte ich stets genau bis auf 5° regulieren.

Hat man durch Auftragen der Substanzen von verschiedenem Schmelzpunkt den richtigen Temperaturpunkt der Mantelfläche eruiert, und dabei den Stand des Innenthermometers abgelesen

Digitized by Google

und gemerkt, so braucht man hinfürder nur auf diese gewisse Innentemperatur einzustellen, um sicher zu sein, daſs die Mantelfläche annähernd die gewünschte Temperatur hat. Mehr ist nicht nötig.

Auch bei Benutzung eines Accumulators läſst sich eine konstante Temperatur, wenigstens für einige Zeit erzielen, wenngleich der Strom einer Centrale stets vorzuziehen ist.

Übrigens halte ich zur Ausführung der beschriebenen Methode den elektrischen Strom nicht für absolut notwendig.

Es erscheint mir glastechnisch wohl möglich, eine Flasche zu konstruieren, durch welche central von oben nach unten durchgeführt, resp. eingeschliffen, ein Glascylinder geht, welcher als Träger für den Oxydationscylinder dient, und daſs mittels Gasflämmchens, event. mit Zuhilfenahme eines Thermoregulators, die Erhitzung der Oxydationsfläche erreicht wird.

Ich habe im folgenden, wenn nicht besonders bemerkt, immer Manteltemperaturen von ca. 160° benutzt.

Die Ausführung eines kompletten Versuches verläuft nun folgendermaſsen:

Die Flaschen, deren Inhalt genauestens durch Aichung bestimmt sein muſs, werden mit Wasser gereinigt und getrocknet. Das Trocknen darf nur durch Auswischen mit einem sauberen Tuch, oder durch Einblasen warmer Luft geschehen, da etwa zur Trocknung benutzter Alkohol und Äther, selbst wenn nur kleine Mengen zurückbleiben, wenigstens bei höheren Temperaturen energisch durch Palladium oxydiert wird.

Nach Einsetzen der eingefetteten Verschluſsstücke (man prüfe die Flaschen unter mäſsigem Druck mittels Manometers auf wirklich dichten Schluſs) werden die ebenfalls gut eingefetteten Glashähne geöffnet und die zu untersuchende Luft gleichmäſsig (am besten indem man ein Gabelrohr beim Einblasen oder Einsaugen benutzt) mittels Blasebalg oder Wasserstrahlluftpumpe in die Flaschen eingetrieben, nach dem gleichen Princip wie bei der Pettenkoferschen Kohlensäurebestimmung.

Sodann schlieſst man die Hähne, liest am Thermometer der einen Flasche die Lufttemperatur, an einem Barometer den Luft-

Digitized by Google

druck ab und fügt nun zu dem Inhalt der Oxydationsflasche eine geringe Menge (ca. 20 ccm) **reinen** Wasserstoffgases, der in einem kleinen, nach Art der Döbereinschen Feuerzeuge konstruierten Miniaturgasentwicklungsapparate vorrätig gehalten werden kann. Man füllt damit am besten eine Hempelsche Bürette und läfst unter gelindem Überdruck den Wasserstoff durch das bis auf den Boden reichende Rohr der Oxydationsflasche einströmen.

Sodann dreht man den Hahn wieder ab, schliefst die Oxydationsflasche an die elektrische Leitung an, bringt dadurch den Palladiummantel auf die gewünschte Temperatur und überläfst das Ganze eine gewisse Zeit hindurch (s. u.) sich selbst.

Die Zugabe von Wasserstoff ist, wie ich gefunden habe, nötig, da ohne denselben etwa vorhandenes Kohlenoxyd unvollständig oder äufserst langsam verbrennt.

Nachdem die Erhitzung eine gewisse Zeit angedauert hat, wird der Strom abgestellt. Die Flasche hat sich während der Zeit, wenigstens an ihrer oberen Wölbung leicht erwärmt (30 bis 35°), und es besteht ein mäfsiger Überdruck im Innern. Um letzteren zu beseitigen, kühle ich die Flasche kurz (ca. 5 Min.) unter der Wasserleitung nnd lasse dann durch das bis auf den Boden reichende Glasrohr Barytwasser[1]) aus einer Cremerschen automatischen Pipette zu 150 ccm genau einfliefsen, Es ist dabei zu beachten, dafs keine Flüssigkeit im Rohre bleibt, anderseits bei zu starker Abkühlung der Flasche und dadurch bedingtem negativen Druck keine Luft nachgesaugt wird. Vielmehr wird bei dem ersten Luftbläschen, das (bei geneigter Flasche) im Barytwasser aufsteigt, der Glashahn abgeschlossen. Die geringe Menge Luft, die dann nachgetreten ist, kann man vernachlässigen. Will man aber noch genauer sein, so treibt man das in der Röhre stehen gebliebene Barytwasser mittels reinen Wasserstoffes (wie oben) hinein.

---

1) Am besten das übliche Barytwasser der Pettenkoferschen CO_2-Bestimmung (1 ccm = ca. 1 mg CO_2). Zu stark verdünntes Barytwasser absorbiert schlecht.

Digitized by Google

In gleicher Weise wird die andere Flasche, die »Kontrollflasche« mit 150 ccm Barytwasser beschickt, sodann beide Flaschen, wie bei der Pettenkoferschen Kohlensäurebestimmung 15 Minuten lang geschüttelt, was hier durch stofsweises Hin- und Herrollen geschieht[1]), durch Umschwenken die ganze Flüssigkeitsmenge plus etwaigem Kondenswasser gesammelt, die Flasche etwas schief gestellt, so dafs alles Barytwasser in einem Winkel zusammenläuft und nun das Barytwasser, am besten mittels der Wasserstrahlluftpumpe entweder in die Cremersche Pipette oder direkt in ein Fläschchen hereingesaugt, das zu diesem Behufe vorübergehend mit einem spritzflaschenähnlichen Verschlufs versehen wird. Das entweder so direkt oder aus der Cremerschen Pipette indirekt mit Barytwasser gefüllte Fläschchen wird gut verschlossen beiseite gestellt und nach dem Absitzenlassen die klare überstehende Flüssigkeit mit einer Oxalsäure titriert, von welcher 1 ccm 1 oder 0,5 mg CO_2 entspricht.

Bei der soeben geschilderten Entnahme des Barytwassers wird eine nachträgliche Kohlensäureaufnahme aus der Luft auf ein Minimum eingeschränkt, vor allem, wenn man die Procedur in einem gut gelüfteten Raum vornimmt. Werden aber wirklich kleinste Mengen aufgenommen, so hebt sich dieser Fehler durch die gleichzeitige Bestimmung in der Kontrollflasche auf.

Hat man Luft zu untersuchen, welche voraussichtlich sehr reich an Kohlensäure ist, so läfst man sie beim Einblasen in die Flaschen vorher einen mit Natronkalk gefüllten Absorptionsturm durchstreichen[2]).

Als Beispiel möge folgender Versuch ausführlich mitgeteilt werden.

Künstlich mit Kohlenoxyd angereicherte Luft wird gleichmäfsig in beide Flaschen eingeblasen. Temp. 20°. Barometerstand 750. In die Oxydationsflasche werden ca. 20 ccm reiner Wasserstoff nachgegeben und die Flasche dann $1^1/_2$ Stunden lang an die elektrische Leitung angeschlossen, so dafs die Temperatur der Palladiumschicht 150—160° beträgt. Nach dieser Zeit

1) Eine Benetzung des Oxydationskörpers ist bei einiger Vorsicht ausgeschlossen.

2) Dieses ist z. B. bei den am Schlufs mitgeteilten Versuchen geschehen.

Digitized by Google

Abstellen des Stroms, Kühlen der Flasche und Einfließenlassen von 150 ccm Barytwasser. Auch in die zweite (Kontroll)flasche werden nach leichtem Abkühlen 150 ccm Barytwasser gefüllt. Sodann werden beide Flaschen gleichmäßig 15 Minuten lang geschüttelt (gerollt), umgeschwenkt und das Barytwasser in Fläschchen abgesaugt. Titration nach Absetzen des Niederschlages.

30 ccm ursprüngliches Barytwasser[1]) verbrauchen 29,75 ccm Oxalsäure (1 ccm = 1 mg CO_2).

30 ccm Barytwasser aus der Kontrollflasche verbrauchen 28,05 ccm Oxalsäure. 30 ccm Barytwasser aus der Oxydationsflasche verbrauchen 26,60 ccm Oxalsäure. Demnach waren in der Kontrollflasche vorhanden $\frac{(29,75-28,05)\cdot 5}{2} = 4,250$ ccm Kohlensäure von 0° und 760 B und in der Oxydationsflasche $\frac{(29,75-26,60)\cdot 5}{2} = 7,875$ ccm Kohlensäure von 0° und 760 B.

Inhalt der Kontrollflasche 10848 ccm, der Oxydationsflasche 11179 ccm. Der Inhalt beider, auf 0° und 760 B reduziert, ergibt:

Kontrollflasche = 9974,5 ccm
Oxydationsflasche = 10279 »

demnach Kohlensäuregehalt der Luft in der

Kontrollflasche = 0,4261 ‰
Oxydationsflasche = 0,7661 »

Also durch Oxydation

mehr gebildet CO_2 = 0,3400 ‰.

Da 1 Vol. Kohlenoxyd bei der Verbrennung 1 Vol. Kohlensäure bildet, so hatte also die untersuchte Luft einen Kohlenoxydgehalt von 0,3400 ‰.

Um die Genauigkeit der Methode zu prüfen war zweierlei nötig. Einmal mußte durch Versuche mit reiner Luft festgestellt werden, wie groß die Differenzen ausfielen, und zweitens mußte bei bekanntem Kohlenoxydgehalt untersucht werden.

Von den Versuchen mit reiner Luft sind in der Tabelle vier angeführt (Nr. 1—4).

(Siehe Tabelle auf S. 304.)

Wie ersichtlich, ist der Versuchsfehler gering und beträgt[2]) im Mittel ± 0,0096 ‰, während die größten Abweichungen in diesen vier Versuchen nach der positiven und negativen Seite hin zusammengenommen 0,0242 ‰ betrugen.

1) Dasselbe wird natürlich, wie üblich, unter gutem Abschluß gegen Kohlensäure aufbewahrt.

2) Vorausgesetzt, daß die Luft im Freien stets kohlenoxydfrei war.

Digitized by Google

Tabelle der Beleganalysen.

Oxydation unter Wasserstoffzugabe 1 1/2—2 Stunden bei ca. 150° Manteltemperatur.

Nr.	Art der Probe	Dauer der Oxydation in Stunden	Differenz im CO_2-Gehalt beider Flaschen nach der Oxydation	Daraus berechnete Kohlenoxydmenge ccm 0° u. 760 B	Angewandte Kohlenoxydmenge ccm 0° u. 760 B	Fehlergröfse ccm
			‰			
1	Luft aus dem Freien ohne CO-Zusatz	1 1/2	— 0,0120	—	—	—
2	» » » » » »	1 1/2	— 0,0027	—	—	—
3	» » » » » »	1 1/2	+ 0,0122	—	—	—
4	» » » » » »	1 1/2	+ 0,0112	—	—	—
	Gröfste Differenz zwischen den Bestimmungen	—	0,0242	—	—	—
	Durchschnittlicher Fehler	—	± 0,0096	—	—	—
5	Luft aus dem Freien mit künstl. CO-Zusatz . .	1 1/2	0,3406	3,501	3,632	— 0,131
6	» » » » » » » . .	1 1/2	0,0944	0,980	1,240	— 0,260
7	» » » » » » » . .	1 3/4	0,2053	2,141	2,223	— 0,082
8	» » » » » » » . .	1 3/4	0,4467	4,636	4,873	— 0,237
9	» » » » » » » . .	2	0,3887	4,007	4,246	— 0,239
10	» » » » » » » . .	2	0,2469	2,503	2,449	+ 0,054
11	» » » » » » » . .	2	0,4803	5,020	5,142	— 0,122
12	» » » » » » » . .	2	0,2695	2,780	2,773	+ 0,007
	Gröfste Differenz zwischen den Bestimmungen	—	—	—	—	0,314
	Durchschnittlicher Fehler	—	—	—	—	± 0,141

Digitized by Google

Um Luft mit bekanntem Kohlenoxydgehalt zu untersuchen, wurden beide Flaschen durch längeres Durchsaugen mit Luft aus dem Freien gefüllt, Temperatur und Barometer abgelesen, und nun in die Oxydationsflasche gemessene Mengen von reinem, aus Ameisensäure und konzentrierter Schwefelsäure hergestelltem Kohlenoxyd gegeben.

Zum Abmessen des Kohlenoxyds, welches sich in einem Glasgasometer befand, und dessen Temperatur durch ein eingefügtes Thermometer kontrolliert werden konnte, benutzte ich die Mefsröhre eines Nitrometers von 50 ccm Inhalt[1]), welches mittels Schlauches mit einem Niveaurohr verbunden war. Die Teilung des Mefsrohres betrug $^1/_5$ ccm, so dafs $^1/_{10}$ ccm bequem und ziemlich sicher geschätzt werden konnten. Diese Mefsröhre wurde zu etwa $^2/_3$ mit reinem Kohlenoxydgase gefüllt.

Sodann füllte ich das Mefsrohr einer Hempelschen Bürette mit reinem Wasserstoffgas, und verband nun die Abströmungsöffnungen beider Röhren mit je einem Ansatz eines kleinen Zweiwegehahns. Die Ansatzstücke bis zur Hahnbohrung wurden sorgfältig aus den Mefsröhren erst mit Kohlenoxyd und dann mit Wasserstoff gefüllt, und die gemeinsame Ableitung des Zweiwegehahns auf diese Weise von CO befreit. Sodann wurde sie mit dem bis auf den Boden reichenden Rohr der Oxydationsflasche verbunden. Nach genauer Ablesung wurde ein gewisses Quantum Kohlenoxyd in die Flasche herübergedrückt, wieder abgelesen, und durch Umstellen des Zweiwegehahns die kleine Kohlenoxydmenge durch 20—30 ccm Wasserstoff quantitativ in die Flasche hineingeblasen. Nach Abschlufs des Hahns wurde gleich $1\,^1/_2$—2 Stunden bei 150—160° Manteltemperatur oxydiert und weiter verfahren wie oben angegeben.

Sämtliche Abmessungen wurden auf 0° und 760B reduziert, und aus dem Promille-Überschufs CO_2 in der Oxydationsflasche die durch Oxydation entstandene Kohlensäure (das Kohlenoxyd) in Kubikcentimetern berechnet.

---

1) Eine Hempelsche Bürette würde dieselben Dienste leisten.

Digitized by Google

In dieser Art vorgenommene Untersuchungen finden sich unter Nr. 5—12 in der Tabelle verzeichnet, wobei ausdrücklich betont sein mag, dafs es sich hier nicht etwa um ausgewählte Analysenresultate handelt. Nimmt man die in den Versuchen 5 bis 12 gefundene gröfste Differenz 0,314 ccm in 11 l[1]) Luft als Mafsstab, so würden sich mit dieser Methode Kohlenoxydmengen in einer Verdünnung bis ca. **1 : 37 000** nachweisen lassen. Nimmt man den Durchschnittsfehler (0,141 ccm) als Basis, so steigt die nachweisbare Verdünnung auf ca. **1 : 79 000**, und nimmt man den Durchschnittsfehler der vier ersten blinden Versuche als mafsgebend an, so steigt sie auf ca. **1 : 114 000**.

Da fast überall in den Versuchen mit künstlicher CO-Zumischung kleine Mengen unverbrannt blieben, so wäre es auch möglich, dafs bei einer gewissen Verdünnungsgrenze Kohlenoxyd, selbst bei Wasserstoffgegenwart, über Palladium nicht mehr verbrennt.

Was die Dauer des Versuches anlangt, so hängt dieselbe ab von dem zu untersuchenden Luftquantum, der Gröfse der oxydierenden Fläche[2]) und der Temperatur, welche dieselbe hat[3]). Denn durch letztere wird natürlich die Cirkulationsgeschwindigkeit beeinflufst.

Ich habe schon oben erwähnt, dafs Kohlenoxyd schon bei relativ niedrigen Temperaturen verbrennt, und zwar bereits von etwa 125° ab bei Wasserstoffabwesenheit.

Je tiefer man mit der Temperatur bleibt, desto sicherer wird man das Mitverbrennen anderer Substanzen vermeiden, desto länger aber wird sich anderseits der Versuch hinziehen.

Vergleichende Bestimmungen lehren das:

Es verbrannten z. B. in $1^1/_2$ Stunden von dem mit Wasserstoff gemischtem Kohlenoxyd bei einer Temperatur von

Innenthermometer	Mantelfläche	%
95°	nicht bestimmt	0
120°	» »	16

1) So viel enthielt rund die Oxydationsflasche.

2) Bei meinem Apparat rund 40 qcm.

3) In meinen Versuchen 150—160°.

Digitized by Google

Innenthermometer	Mantelfläche	%
145°	nicht bestimmt	54
170°	» »	85
235°	150—160°	— 100.

Damit die Methode den angegebenen Grad von Genauigkeit erreicht, ist sorgfältiges Arbeiten natürlich unerläfslich.

Die Pipetten müssen wirklich normale sein, am besten automatische, wie schon oben erwähnt, nach Cremer, da nur diese stets ein absolut gleiches Flüssigkeitsquantum abzumessen erlauben. Die gleiche Genauigkeit mufs die Bürette für die Oxalsäure haben. Benutzt man eine Oxalsäure, von der 1 ccm = 1 mg CO_2 entspricht, so mufs die Ablesung auf $^1/_2$ Zehntel genau ausgeführt werden, bei dünneren Lösungen genügt Ablesung auf ein Zehntel, doch darf man in den Verdünnungen nicht zu weit gehen, weil dadurch die sonst ja sehr befriedigende Schärfe des Umschlages des Phenolphthaleïnrots in Weifs leidet. Die hier aufgeführten Untersuchungen sind vorwiegend mit einer Oxalsäure ausgeführt, von der 1 ccm = 1 mg CO_2. Dabei wurde auf scharfes Ablesen in Augenhöhe mit Hilfe eines rechtwinkligen Visierdreiecks und auf gutes Zusammenlaufenlassen der Flüssigkeit in der Bürette (5 Minuten Warten!) geachtet. Andere besondere Vorsichtsmafsregeln wurden nicht angewendet; so wurden z. B. sämtliche Manipulationen im Laboratorium ohne Rücksicht auf dessen Luftbeschaffenheit ausgeführt, wenngleich die Untersuchungen im stets gut gelüfteten Zimmer vielleicht noch ein wenig genauer ausgefallen wären.

Der Gedanke liegt nahe, auf die zweite Flasche (die sogen. Kontrollflasche) ganz zu verzichten und sich mit der Oxydationsflasche zu begnügen. Bringt man z. B. zuerst in die Oxydationsflasche 150 ccm Barytwasser, schüttelt $^1/_4$ Stunde, saugt dann von den 150 ccm genau 90 ab, oxydiert dann, um zum Schlufs noch einmal 90 resp. 150 ccm nachzufüllen und wieder zu schütteln, so läfst sich aus der Titerabnahme der beiden Barytwasserportionen ebenfalls die Menge der neugebildeten Kohlensäure berechnen.

Digitized by Google

Ich habe eine Reihe von solchen Untersuchungen ausgeführt, aber ohne befriedigendes Resultat, da die Versuchsfehler hier bis 0,1 ‰ betrugen. Vor allem ist nämlich das Absaugen genau gemessener Barytwassermengen schwierig, und dann mangelt eine etwaige Fehlerkompensation durch die Kontrollflasche.

Was die praktische Bedeutung der Methoden zum Nachweis kleinster Kohlenoxydmengen anbelangt, so ist dieselbe wohl eine keineswegs beschränkte.

Verschlechterungen der Luft durch Heizungs- und Beleuchtungsapparate der Art, dafs nennenswerte Mengen von Kohlenoxyd dabei entstehen, gehören gewifs zu den Seltenheiten. Nur in kleinen schlecht ventilierten Räumen bei gleichzeitiger Benutzung starker Gasheizung (Badestuben mit Gasbadeöfen) sind sie leicht möglich und ja auch thatsächlich nachgewiesen.

Immerhin, trotz mannigfacher Arbeiten, die sich mit den unvollständigen Verbrennungsprodukten bei der Heizung und Beleuchtung befassen[1]), kann man keineswegs behaupten, dafs diese Frage eine abgeschlossene ist, und es würde sich wohl verlohnen, mit Hilfe der neueren Methoden manche von diesen Untersuchungen wieder aufzunehmen.

Die von mir angegebene Methode scheint mir für diese Zwecke nicht unpraktisch, denn sie erlaubt durch Variierung der Temperatur bei ausreichender Genauigkeit auch andere verbrennliche Substanzen der Luft in den Kreis der Untersuchung zu ziehen. (»Fraktionierte Verbrennung«.) Ferner ist über die sog. organischen Stoffe in der Luft[2]) noch wenig Sicheres bekannt, obgleich speziell von französischer Seite neuerdings nach dieser Richtung hin gearbeitet worden ist[3]). Auch über die Frage nach der chronischen Kohlenoxydvergiftung wissen wir recht wenig.

1) Erismann, Zeitschr. f. Biol., Bd. 12, S. 315. Cramer, Archiv f. Hygiene, Bd. 10, S. 282. Geelmuyden, Archiv f. Hygiene, Bd. 22, S. 102. Gréhaut, a. a. O. Renk, Gesundheitsingenieur, 1894, S. 324 u. A.

2) Vgl. Uffelmann, Archiv f. Hygiene, Bd. 8, S. 262. Nékám, Archiv f. Hygiene, Bd. 11, S. 396. Archarow, Archiv f. Hygiene, Bd. 13, S. 229.

3) Gautier, Les gaz combustibles de l'air. Annales de Chimie et de Physique, 1901, VII. Série, T. XXII, p. 5—110.

Digitized by Google

Schliefslich wäre die Methode der fraktionierten Verbrennung über Palladium noch angebracht zur genaueren Analyse des Leuchtgases und des Cigarrenrauches.

Um die von mir im Vorhergehenden geschilderte Methode wenigstens an praktischen Fällen zu erproben, habe ich die Verbrennungsprodukte des Auerbrenners und der Petroleumlampe, sowie die Verunreinigung der Luft durch Tabakrauch als Untersuchungsobjekte genommen. Es sei über die wenigen Versuche daher hier noch kurz berichtet.

Um eine Anreicherung der Luft mit unvollständigen Verbrennungsprodukten des Auerbrenners zu erzielen, liefs ich einen solchen in dem geschlossenen Kasten des Pettenkoferschen Respirationsapparates eine gewisse Zeit hindurch brennen, löschte dann den Brenner von aufsen durch Absperren der Gaszuführung, mischte die Luft im Kasten durch einen von aufsen einschaltbaren elektrischen Ventilator, und saugte sodann ein bestimmtes Luftquantum (ca. 100 l) mittels eines luftdicht in die Kastenwandung eingefügten Glasrohrs in gegabeltem Strom durch die beiden Flaschen hindurch. In die Oxydationsflasche wurden alsdann ca. 20 ccm reiner Wasserstoff gegeben, 2 Stunden oxydiert u. s. w. wie oben geschildert.

Der Auerbrenner brannte in einem Fall $2\,^1/_4$, im anderen $2\,^3/_4$ Stunden in dem rund $6\,^1/_2$ cbm fassenden Respirationskasten, in beiden Fällen mit gänzlich aufgedrehtem Gashahn.

Es wurde Verbrennliches (Kohlenoxyd) gefunden, das eine Mal 0,068 ‰, das andere Mal 0,078 ‰, oder, auf den ganzen Luftraum berechnet, 442 resp. 507 ccm CO. Es hätte der Brenner also im ersten Versuch stündlich 196, im zweiten 184 ccm verbrennliches Gas geliefert, im Mittel also 190 ccm. Rechnet man die stündliche CO_2 Produktion eines Auerbrenners zu 50 l, so würde die Proportion Kohlenoxyd : Kohlensäure sein = 1 : 263. Gréhant gibt das Verhältnis wie 1 : 655 an, doch mag im vorliegenden Fall die starke Anreicherung der Luft im Kasten mit Kohlensäure das Entstehen unvollständiger Verbrennungsprodukte begünstigt haben. Jedenfalls hatte die Luft im Kasten nach

Digitized by Google

dem Versuch einen ausgesprochen unangenehmen Geruch (Untersalpetersäure).

So gut wie negativ fiel ein Versuch aus, der in sonst ganz gleicher Weise mit einer Petroleumlampe ausgeführt wurde, welche leicht blakend 2 Stunden im geschlossenen Respirationskasten brannte. Nach dieser Zeit war sie im Ausgehen begriffen und wurde durch den Luftstrom des Ventilators völlig ausgeblasen. In den abgesaugten Luftproben fand sich so gut wie nichts Verbrennliches, nämlich nur 0,00989 ‰.

Um die Beimischung des Kohlenoxyds zur Luft beim Tabakrauchen nachzuweisen, rauchten in zwei Versuchen in dem ebenfalls geschlossenen Respirationskasten zwei Personen je eine Cigarre in 30—40 Minuten. Die stark verqualmte Luft wirkte auf die Versuchspersonen nur insofern unangenehm ein, als sie die Augenbindehaut reizte. Sonstige Beschwerden wurden nicht empfunden. Die Analyse der Luft ergab in einem Fall 0,132 ‰ Kohlenoxyd, im zweiten Falle 0,127 ‰, im Mittel also 0,1295 ‰. Auf den ganzen Luftraum gerechnet 842 ccm CO. Also wären durch das Rauchen einer Cigarre 421 ccm CO entstanden. Diese Menge steht mit den Angaben über den Kohlenoxydgehalt des Cigarrenrauches im Einklang[1]).

Diese Beispiele der Anwendbarkeit der Methode mögen genügen.

Weitere Untersuchungen mittels derselben behalte ich mir vor.

1) Fritz Wahl, Arch. f. d. ges. Phys., 78, S. 262, 1899.

Digitized by Google

Beobachtungen über die Eigenbewegung der Bakterien.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann**

und

Dr. **Eugen Fried**, approb. Zahnarzt[1]).

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

I. Die Geschwindigkeit der Eigenbewegung einiger Bakterienarten.

Die Litteratur enthält unseres Wissens keine einzige quantitative Angabe über die Geschwindigkeit der Eigenbewegung der Bakterien. Wohl ist längst allgemein bekannt, dafs sich die kleinen Choleravibrionen und die schlanken Typhusbakterien rascher als die plumperen Subtilisbacillen bewegen, aber nirgends findet sich ein Versuch einer Messung.

Unsere Methode der Geschwindigkeitsbestimmung bestand einfach darin, zu beobachten, in welcher Zeit im hängenden Tropfen ein Individuum unter einer gewissen Zahl grofser Teilstriche eines Okularmikrometers vorbeiglitt. Da bei unseren Versuchen einem grofsen Teilstrich des Okularmikrometers 9 μ wirkliche Weglänge entsprachen, so war die Berechnung der Resultate sehr einfach.

Die Untersuchungen, über die wir zuerst berichten, sollten für folgende Bakterien unter den gewöhnlichen Untersuchungsbedingungen Werte liefern.

1. Bacillus subtilis,
2. Bacillus megatherium,
3. Bacterium vulgare,
4. Bacterium typhi,
5. Vibrio cholerae,
6. Bacillus tetani.

1) Vergl. E. Fried, Biologische Studien über die Eigenbewegung der Bakterien. Dissert. philos., Würzburg, 1902.

Digitized by Google

Sämtliche Untersuchungen wurden bei Zimmertemperatur (18—20° C.) ausgeführt; die Kulturen (gewöhnliche Nährbouillon) wurden zumeist nach 7—8stündigem Verweilen im Brutschrank (37° C.) untersucht, da sich zeigte, dafs um diese Zeit die Bewegung stets eine besonders lebhafte war. Bei sämtlichen Präparaten (natürlich im hängenden Tropfen) wurde auf eine möglichst geringe Einsaat zur Erleichterung der Arbeit geachtet, da diese das Auge ohnehin schon sehr anstrengte und ermüdete. Aus den zahlreichen Einzelbeobachtungen, zu denen einzelne zufällig in günstiger Richtung sich bewegende Stäbchen benutzt wurden, stellten wir Mittelwerte fest. Unberücksichtigt blieb dabei, dafs einzelne Stäbchen überhaupt still lagen[1]).

Hierauf wurde genau in der gleichen Weise eine zweite Versuchsreihe angestellt, ein Mittel aus ihren Einzelergebnissen berechnet, und hierauf aus den Mittelwerten der beiden Versuchsreihen ein neues Mittel bestimmt. Wir teilen eine Versuchsreihe für Subtilis im Original mit:

Tabelle I.

Bacillus subtilis.

Die einzelnen Stäbchen legten zurück:

Nr.	in Sekunden	Teilstriche	also Teilstriche in 1 Sekunde
1	$4\frac{1}{2}$	10	2,2
2	5	6	1,2
3	3	4	1,3
4	6	6	1,0
5	5	10	2,0
6	8	6	0,7
7	2	2	1,0
8	10	8	0,8
9	$8\frac{1}{2}$	10	1,2
10	4	4	1,0
11	4	5	1,2
12	4	3	0,7
13	5	6	1,2
14	9	10	1,1
15	9	10	1,1
16	5	4	0,8
17	6	3	0,8
18	8	5	0,6
19	7	7	1,0
20	12	10	0,8
21	5	6	1,2
22	$3\frac{1}{2}$	4	1,1
23	$1\frac{1}{2}$	2	1,3
24	2	2	1,0
25	4	5	1,5
26	$4\frac{1}{2}$	5	1,1

Also im Durchschnitt: 28,6 : 26 = 1,1

1) Erneute Untersuchungen haben mir gezeigt, dafs die Extreme der Geschwindigkeit noch gröfser und kleiner gefunden werden können, für die Mittelwerte bin ich aber zu ähnlichen Zahlen gekommen. Lehmann.

Digitized by Google

Also im Mittel auf 26 Einzelbeobachtungen in 1 Sekunde 1,1 Teilstriche.

1 Teilstrich = 9 mikra. $1{,}1 \cdot 9 = 9{,}9\,\mu$ oder rund $10\,\mu$, d. h. es beträgt die Geschwindigkeit des Subtilis pro Sekunde $10\,\mu = 0{,}01$ mm.

Oder zu 1 mm sind 1 Minute 40 Sekunden nötig.

Nehmen wir das Mittel aus den drei höchsten Werten, so ergibt sich

pro 1 Sekunde 0,017 mm oder 1 mm in 59 Sekunden.

Nehmen wir das Mittel aus den drei niedrigsten Werten, so finden wir

pro 1 Sekunde 0,006 mm oder 1 mm in 2 Minuten 38 Sekunden.

In der zweiten Versuchsreihe mit Bacillus subtilis wurden 24 Einzelbeobachtungen gemacht und merkwürdigerweise genau wie das erste Mal gefunden

mittlere Geschwindigkeit pro Sekunde 0,01 mm
zu 1 mm wird gebraucht 1 Minute 40 Sekunden,

Mittel aus den drei höchsten Werten pro 1 Sekunde 0,014 mm
Mittel aus den drei niedrigsten Werten . . . . . 0,007 mm.

Wir unterlassen es, Einzelbeobachtungen für die übrigen Arten (je zweimal 15—35 Beobachtungen) mitzuteilen, bemerken nur, dafs schon bei dem rasch beweglichen Typhus die Beobachtung ziemlich schwierig war. Bei dem Choleravibrio ist die Bewegung so schnell, dafs wir die Geschwindigkeit der schnellsten Individuen nicht mehr messen konnten. Wir sind der Meinung, dafs die mittlere Geschwindigkeit des Choleravibrio höher ist als unser Mittelwert und sich dem Mittel aus den drei höchsten Werten, die wir feststellten, nähert. — Die Beobachtungen an Bacillus tetani wurden in einer kleinen, durch Pyrogallussäure und Natronlauge sauerstofffrei gemachten Gaskammer angestellt. Merkwürdigerweise erhielten wir auch bei aërober Beobachtung keine wesentlich verschiedenen Werte. Dabei zeigte unser Tetanusbacillenstamm in seinen Kulturen durchaus das Bild einer anaëroben Art.

In tabellarischer Form lauten die gefundenen Zahlen wie in Tabelle II S. 314 angegeben.

Digitized by Google

Tabelle II.

In 1 Sekunde legten zurück (in mm):

		I. Reihe	II. Reihe	Mittelwerte	Mittel aus den 3 höchst. Werten	Mittel aus den 3 nied. Werten
1	Cholera	0,034	0,025	0,030	0,047	0,013
2	Typhus	0,017	0,019	0,018	0,03	0,006
3	Vulgare	0,015	0,013	0,014	0,022	0,007
4	Tetanus	0,01	0,012	0,011	0,014	0,008
5	Subtilis	0,01	0,01	0,01	0,015	0,006
6	Megatherium . .	0,007	0,008	0,0075	0,01	0,004

Oder zur Durchlaufung von 1 mm brauchten:

		I. Reihe	II. Reihe	Mittelwerte	Mittel aus den 3 höchst. Werten	Mittel aus den 3 nied. Werten
1	Cholera	29 Sek.	40 Sek.	34½ Sek.	22 Sek.	76 Sek.
2	Typhus	58 Sek.	54 Sek.	56 Sek.	33 Sek.	165 Sek.
3	Vulgare	67 Sek.	80 Sek.	73 Sek.	47 Sek.	134 Sek
4	Tetanus	1 Min. 40 Sek.	1 Min. 25 Sek.	1 Min. 25,5 Sek.	73 Sek.	113 Sek.
5	Subtilis	1 Min. 40 Sek.	1 Min. 40 Sek	1 Min. 40 Sek.	65 Sek.	150 Sek.
6	Megatherium . .	2 Min. 20 Sek.	2 Min. 3 Sek.	2 Min. 11 Sek.	97 Sek.	222 Sek.

Aus der Betrachtung der Tabellen ergibt sich:

1. Wie dies dem subjektiven Eindruck entspricht, ist die Reihenfolge der Geschwindigkeit gefunden: Cholera, Typhus, Vulgare, Subtilis, Tetanus, Megatherium.
2. Die Bewegung der raschesten Bakterienarten übertrifft die der langsamsten ungefähr um das Fünffache an Schnelligkeit.
3. Die schnellsten Individuen einer Art übertreffen die langsamsten der gleichen Art etwa um das Doppelte bis Fünffache. Hierzu ist zu bemerken, was aus den Tabellen nicht hervorgeht, dafs meist die kürzesten (jüngsten) Individuen die rascheste Bewegung zeigen, während längere mehr fadenförmige Exemplare (Typhus) oder zu mehreren angeordnete Stäbchen (subtilis) meist langsamer sind.

Digitized by Google

4. Die Mittelzahlen der zwei zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Versuchsreihen stimmen sehr gut überein, nur bei der rasch beweglichen, kaum mehr exakt zu beobachtenden Cholera sind gröfsere Differenzen vorhanden.
5. Die absolute Geschwindigkeit der Bakterien ist sehr klein, die schnellsten Choleravibrionen legen in der Stunde 18 cm zurück, die langsamsten Exemplare von Megatherium nur etwa $^1/_{10}$ dieser Wegstrecke.
6. Dagegen erscheint die Geschwindigkeit erheblicher, wenn wir uns fragen, das Wievielfache seiner eigenen Länge ein Mikroorganismus in der Sekunde zurücklegt. Wir finden dann für den Choleravibrio etwa das 10—15fache, für Megatherium etwa das 1—1 $^1/_2$fache. Zum Vergleich diene Tabelle III.

Tabelle III.

	Länge	Geschwindigkeit Meter pro Sekunde	Die Geschwindigkeit beträgt das x fache der Länge
Mensch	1,7 m	1,3—2,6	1—1$^1/_2$
Pferd (Trab)	2,5 »	2,1	ca. 1
» (Galopp)	2,5 »	4,5	» 2
» (Wettrennen) . . .	2,5 »	25	» 10
Brieftaube (Maximum) .	ca. 0,25 »	30	» 120
Schwalbe	» 0,15 »	45	» 300
Schnellzug	» 100 »	25	» 0,25

II. Der Einflufs des Alters, der Sporulation, des Nährbodens auf die Geschwindigkeit der Bakterien.

Wie oben erwähnt, sind kurze junge Stäbchen in der Regel lebhafter beweglich als ältere längere Fäden. Dem entsprechend zeigen ältere Kulturen (Bouillon) fast stets eine trägere Eigenbewegung jüngeren gegenüber, zuweilen fehlt sie ganz. Doch können wir nur sagen, dafs diese Beobachtungen recht unregelmäfsige Resultate lieferten, bei subtilis und Bacterium typhi auf Bouillon wurde zuweilen schon nach 20 Stunden keine deutliche Bewegung gefunden, andermal nach 5—7 Tagen noch

Digitized by Google

leidliche. Einmal wurde bei einer 4—5 Tage alten, träge beweglichen Typhuskultur die Eigenbewegung in 28 Beobachtungen gemessen, das Resultat war 0,4—2 Teilstriche, im Mittel 1,05 Teilstrich, d. h. 0,009 mm in der Sekunde, d. h. etwa die halbe Geschwindigkeit einer normalen jungen Typhuskultur.

Bei Sporenbildung fanden wir — in Übereinstimmung mit früheren Forschern — stets bei Bacillus subtilis aufgehobene Eigenbewegung. Beim Bacillus tetani konstatierten wir — in Übereinstimmung mit Migula's Befunden an verschiedenen Anaëroben eine Fortdauer der lebhaften Eigenbewegung auch nach Eintritt der Sporulation. Auch Klein und Fischer haben bei einigen Aëroben Fortdauer der Eigenbewegung nach der Sporenbildung gesehen.

In Gelatinekulturen scheint die Eigenbewegung sehr gestört. Bringt man kleine Partikelchen der Gelatine unter das Mikroskop, so zeigt sich — auch bei vorsichtigem Schmelzen der Gelatine bei 25—30° meist keine deutliche Bewegung — auf Zusatz von einem Tröpfchen Bouillon tritt sie aber auf. Diese Hemmung der Bewegung in Gelatine mag man zum Teil auf die Klebrigkeit derselben beziehen, doch gestattet folgende Beobachtung auch eine andere Deutung. Mischt man zu einem Tropfen einer alten Bouillon mit schlecht beweglichen Bakterien (die Versuche sind öfters mit Megatherium und subtilis angestellt) ein Tröpfchen frische Bouillon, so gelingt es recht häufig wieder, neue lebhafte Bewegung zu entfalten. Es scheint damit nachgewiesen, dafs in der Gelatine und in der alten Bouillon die Anhäufung schädlicher Stoffe oder der Sauerstoffmangel eine gewisse Rolle bei der Bewegungshemmung spielt.

III. Einflufs von Kälte und Wärme auf die Eigenbewegung von Bacillus subtilis.

Unseren Erwartungen entsprechend, gelang es leicht zu zeigen, dafs nach Analogie anderer Bewegungen auch die Bakterienbewegung durch Kälte gehemmt (Kältestarre), durch Wärme erst verstärkt, dann gelähmt wird (Wärmestarre). Für die Versuche schien es ohne Bedeutung, ob die Kulturen bei 20° oder 37°

Digitized by Google

erzogen waren, es fanden, nachdem dies festgestellt war, nur bei 37° erzogene Kulturen von 7—9stündiger Lebenszeit Verwendung. Die höheren Temperaturen wurden mittels des Zeifs'schen Mikroskopwärmekastens hervorgebracht, die niederen Temperaturen auf dem flachen Dache des Instituts im Winter studiert.

Wirkung der Wärme.

Eine 8stündige Kultur von Bacillus subtilis auf Bouillon zeigte (Mittel aus 13 Beobachtungen) bei Zimmertemperatur eine Geschwindigkeit von 10,8 μ in der Sekunde.

Bei 45° zeigte das gleiche Präparat im Mittel von 14 Beobachtungen eine Geschwindigkeit von 23 μ in der Sekunde. Ähnliches wurde öfters festgestellt. Mehrfach wurde der Versuch gemacht, zu zeigen, dafs unbewegliche oder schwach bewegliche Subtiliskulturen durch Erwärmen auf 45° beweglich werden. Gewöhnlich begann bei 35—37° nach einiger Zeit die Bewegung, bei 42—46° erreicht sie ein Maximum. Besonders schön ist der Versuch in der Form, dafs man zwei Präparate aus der unbeweglichen Kultur macht und nur ein Präparat in den Wärmeschrank bringt, während das andere bei Zimmertemperatur beobachtet wird. Aus diesen letzteren Versuchen geht hervor, dafs die Reizwirkung der Wärme die hemmenden Wirkungen der schädigenden Substanzen in älterer Bouillon zu überwinden vermögen.

Erwärmt man Präparate von Bacillus subtilis stärker, etwa auf 49—55°, so hört die Bewegung auf, (einmal will Herr Dr. Fried noch bei 58° Bewegung von Bacterium subtilis gesehen haben). Niemals gelang es durch Abkühlen die durch Hitze beseitigte Bewegung wieder herzustellen, man mochte die Abkühlung bei Zimmertemperatur oder im kalten Raum vornehmen. Doch war leicht zu zeigen, dafs die Bacillen nicht getötet waren in dem Augenblick, in dem sie die Eigenbewegung verloren. Abimpfungen nämlich von durch Hitze immobilisierten Präparaten ergaben stets üppige Kulturen, die auch in ihrer Eigenbewegung unbeeinflufst waren. Es scheinen also bei der kritischen Temperatur von 49—55° nur die Geifseln nicht die Bacillen geschädigt zu werden. Von einer Wärmestarre im üblichen Sinne

Digitized by Google

darf man nicht wohl reden — da ja die Geifselbewegung sich nicht mehr erholt.

Wirkung der Kälte.

Die Wirkung der Kälte ist sehr einfach zu schildern. Kühlt man im Präparate auf Temperaturen von 0° ab, so erlischt die Bewegung nach und nach fast oder ganz vollkommen. Durch Erwärmen auf Zimmertemperatur läfst sich die mittlere, durch Steigern der Temperatur auf 45° sehr starke Bewegung hervorrufen.

Die gleichen Versuche wurden auch mit Bacterium typhi mit vollkommen gleichem Resultate angestellt, nur war die Steigerung der ohnehin schon lebhaften Eigenbewegung durch die Wärme so stark, dafs eine Messung der Geschwindigkeit unterbleiben mufste. Die Kältestarre der Typhusbakterien ist sehr leicht zu zeigen.

IV. Wirkung einiger Gifte auf die Eigenbewegung.

Während A. Fischer die Wirkung der Züchtung auf verschiedenen vergifteten Nährböden auf die Eigenbewegung untersuchte, prüften wir von Alkohol und Schwefelsäure, welcher Zusatz die Eigenbewegung in einer Bouillonkultur eben hemme, und sahen nach, ob in diesem Moment die unbeweglich gewordenen Zellen noch wachstumsfähig seien, ob also durch schwache Giftdosen die Eigenbewegung früher als das Leben der Zelle geschädigt werde. Wir fanden eine bejahende Antwort auf diese Fragen. Kleine Dosen der Gifte beeinflussen die Bewegung nicht, gröfsere verlangsamen sie, noch gröfsere lähmen die Bewegung, ohne die Zellen zu töten, die gröfsten vernichten auch das Zellleben. Die quantitativen Ergebnisse bringt die kleine Tabelle:

Tabelle IV.

Bacillus subtilis.

	Bewegung nicht beeinflufst	Verlangsamt	Giftstarre	Tot
Schwefelsäure .	$\frac{1}{101}$%	$\frac{1}{51}$%	$\frac{1}{21}$%	$\frac{1}{8}$%
Alkohol . . .	8,3%	10,5%	16½—23%	25%
Bacterium typhi.				
Schwefelsäure .	$\frac{1}{101}$%	$\frac{1}{34}$%	$\frac{1}{11}$—$\frac{1}{21}$%	$\frac{1}{8}$%
Alkohol . . .	8,3%	10,1—10,5%	10,5—16,5%	25%

Digitized by Google

V. Versuche, unbewegliche Stämme beweglicher Arten wieder zur Eigenbewegung zu veranlassen.

Im hygienischen Institut zu Würzburg hatten Lehmann und Neumann sich vielfach vergeblich bemüht, Eigenbewegung an Stämmen von Sarcina mobilis Maurea und Micrococcus agilis Ali-Cohen zu sehen. Sie nahmen an (Atlas und Grundrifs der Bakteriologie 1. Auflage 1896), dafs diese Kulturen zur Zeit der Untersuchung (1895/96) die Eigenbewegung vollkommen verloren hatten.

Es schien von Interesse, die beiden seither stets auf Agar fortgezüchteten Stämme einer erneuten Prüfung zu unterziehen, ob sich nicht durch Überimpfung auf geeigneten Nährböden wieder eine Geifselgeneration erzielen lasse. Lehmann und Neumann hatten namentlich Milchzuckeragar, Heudekokt und Bouillon verwendet, wir versuchten diesmal Krautabkochung und Kartoffelsaft, da Migula mit diesen Nährböden mehrfach gute Resultate erzielt zu haben angibt. Obwohl 10 Tage lang die beiden Organismen regelmäfsig von Krautbrühe resp. Kartoffelsaftkulturen immer wieder auf den gleichen frischen Nährboden übertragen wurden, obwohl die Kulturen bei Zimmer- und Brutschranktemperatur gehalten wurden, obwohl nur junge Kulturen bei wechselnden Temperaturen beobachtet wurden — nie wurde eine deutliche Eigenbewegung gesehen. Auch bei Bouillon- und Zuckerbouillonkulturen waren wir nicht glücklicher, ebensowenig gelang irgend ein Versuch der Geifselfärbung. — Da Arthur Meyer und D. Ellis soeben angeben, bei allen Coccaceen (ob bei allen Stämmen?) durch geeignete Kultur- und Färbemethoden Geifseln hervorgebracht resp. nachgewiesen zu haben, so soll aus unseren Versuchen nur geschlossen werden: Die untersuchten Stämme von Micrococcus agilis und Sarcina mobilis liefsen trotz aller fortgesetzter Bemühung auf unseren Nährböden keine Eigenbewegung oder Geifseln erkennen, verhielten sich somit gerade so wie vor 6 Jahren.

Digitized by Google

VI. Versuche, die praktische Geschwindigkeit von Bakterien in Flüssigkeiten zu ermitteln.

Hatten wir bisher die Geschwindigkeit einzelner Individuen während kürzerer Zeiten ermittelt, d. h. die Geschwindigkeit, mit der Bakterien sich fortbewegen können, so schien es als Ergänzung dazu interessant, zu sehen, wie rasch sich faktisch Bakterien, die man an einem Punkte einer mit Flüssigkeit gefüllten Röhre einimpfte, fortbewegen. Die Versuche werden folgendermafsen angestellt:

Es wurde eine horizontal liegende Glasröhre von 4 cm Weite in Abständen von 5—10 cm mit senkrechten Rohransätzen versehen und hierauf halb mit Bouillon gefüllt, das Ansatzrohr mit Wattepfropf verschlossen und das Ganze sterilisiert. Hierauf wurde durch das erste Ansatzrohr eine Öse Bakterienkultur (fast ausschliefslich Bacterium prodigiosum) eingebracht und die Röhre in einem sonst nicht benutzten Zimmer, vor Licht geschützt, bei einer Temperatur von ungefähr 20° C stehen gelassen. Alle 1—4 Stunden wurden nun von den verschiedenen Ansatzröhrchen auf Agarplatten Striche abgeimpft, um zu ermitteln, bis wann die Bakterien zu den einzelnen Ansatzröhren vorgedrungen seien. Die Protokolle der Versuche hier ausführlich mitzuteilen, möchten wir aus dem Grunde unterlassen, weil die Resultate der einzelnen Berechnungen (ohne dafs wir dafür einen Grund anzugeben im stande sind) in ziemlichen Grenzen schwankten. In 6 wohlgelungenen Versuchen wurde als praktische Geschwindigkeit ermittelt in Minimo 3—4 μ pro Sekunde, in Maximo 13 μ pro Sekunde, in der Mehrzahl der Fälle 5 bis 10 μ pro Sekunde. Wir haben zum Vergleich die Geschwindigkeit von Bakterium prodigiosum auch nach der früheren mikroskopischen Methode bei Zimmertemperatur ermittelt, als Resultat 20 μ pro Sekunde erhalten.

Das heifst, die Bakterien bewegen sich in einer Röhre nicht mit der Geschwindigkeit vorwärts, wie dies nach der Raschheit der Eigenbewegung einzelner Individuen zu erwarten wäre. Die praktische Geschwindigkeit ist nur $^1/_4$—$^1/_2$ des theoretischen resp.

Digitized by Google

das Vorrücken der Bakterien in einer Flüssigkeitsröhre geschieht nicht gradlinig sondern auf Umwegen.

Wir können aber, — so plausibel dieses letzte Resultat ist — nicht umhin, mitzuteilen, dafs es uns nicht frei von Fehlern zu sein scheint. Wir stellten nämlich zur Kontrolle mit dem unbeweglichen Bacterium pneumoniae Friedl. ähnliche Versuche an —und fanden ähnliche kaum geringere Geschwindigkeiten. Es beweist dies wohl, dafs Strömungen, Erschütterungen, Bewegungen beim Abimpfen, das Resultat erheblich beeinflussen, und dafs die Bemühungen, die »praktische« Geschwindigkeit zu bestimmen, offenbar nochmals von vorn begonnen werden müssen.

Nachschrift von K. B. Lehmann.

Erst nach Abschlufs der Korrektur sehe ich aus der Arbeit von Gotschlich »Allgemeine Morphologie und Biologie der Spaltpilze« in Kolle-Wassermanns Handbuch der pathogenen Organismen, dafs uns die Arbeit von Gabritschewsky »Über aktive Beweglichkeit der Bakterien«, Zeitschrift f. Hygiene, XXXV, 104, entgangen ist. Gabritschewsky verzichtete auf die mikroskopische Ermittelung der Schnelligkeit, weil er die Schnelligkeit der einzelnen Individuen einer Kultur verschieden und manchmal so bedeutend fand, dafs eine exakte Bestimmung nicht möglich war. Er bestimmte ausschliefslich nach mehreren Methoden, das was ich oben die »praktische Geschwindigkeit« genannt habe, eine Gröfse, die immer etwas — wie G. selbst einsah — von der Wachstumsintensität beeinflufst wird. Seine erste Methode, Fortrücken der Bakterien auf feuchten Papierstückchen, ergab ihm für die untersuchten Arten eine Geschwindigkeit von 2—6 mm pro Stunde, d. h. 0,56—1,68 μ pro Sekunde, Werte, die weit unter der thatsächlichen Geschwindigkeit der Bakterienindividuen liegen. Wir fanden dafür 4—47 μ. G's. zweite Methode hat Ähnlichkeit mit unserer Methode zur Bestimmung der praktischen Geschwindigkeit, auch G. fand hier ähnliche Schwierigkeiten, wie sie uns aufstiefsen, so ebenfalls Ortsbewegung an unbeweglichen Arten; Zahlen hat er keine berechnet. — Gotschlich schliefst an das Referat der Arbeit die Bemerkung, dafs die Schnelligkeit der Choleravibrionen im hängenden Tropfen sicher bis zu 0,1—0,2 mm pro Sekunde gehe, eine Gröfse, welche unseren Maximalwert von 0,05 mm noch erheblich übertrifft und wohl gelegentlich vorkommen kann, aber schwer exakt zu beobachten ist.

Digitized by Google

Experimentelle Studien über den Einflufs technisch und hygienisch wichtiger Gase und Dämpfe auf den Organismus.

XI. Studien über „Chlorakne“.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann.**

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Auf Ersuchen eines grofsen deutschen Werkes, in dem elektrolytisch aus Chlorkalium, Chlor- und Ätzkali gewonnen wird, habe ich mich während zweier Jahre eifrig experimentell und litterarisch damit beschäftigt, die Ursache der sogenannten Chlorakne zu erforschen. Sind auch meine Bemühungen fast ganz erfolglos geblieben, so halte ich es doch für meine Pflicht über meine Erfahrungen kurz zu berichten. Da ich von der Direktion und dem Arzte der Fabrik freundlichste Unterstützung erfuhr, so kann ich mancherlei mitteilen, was anderen Untersuchern nicht bekannt wurde.

Ergebnisse der litterarischen Studien.

Seit 1895 wird die elektrolytische Herstellung des Chlors im grofsen durchgeführt — nicht sehr lange Zeit darauf beschrieb Herxheimer in Frankfurt die ersten Fälle der von ihm Chlorakne getauften Krankheit. (Münchener med. Wochenschrift 1899 Nr. 9.) Die Krankheit charakterisiert sich als eine reine multiple Affektion der Talgdrüsen. Viele sind ohne Ent-

Digitized by Google

zündungssymptome, blofs stärker gefüllt und ragen weifs oder mit schwärzlich markiertem Ausführungsgang etwas über die Haut vor (Comedonen), andere sind entzündet und in mit eiterigem Inhalt versehene Aknepusteln umgewandelt. Aus ihnen entstehen kleine Geschwürchen und tiefe grubige Narben, die wo sie gedrängt stehen, die Haut siebartig durchlöchert erscheinen lassen. Eine Anzahl der Talgdrüsen ist zu gröfseren derbwandigen atheromatösen Cysten erweitert, die teilweise ohne jede entzündliche Veränderung sind, teils sich in den verschiedensten Stadien der Entzündung befinden und manchmal aufbrechen und Eiter entleeren. Auch wirkliche Furunkel werden dazwischen beobachtet.

Von Allgemeinsymptomen hat Herxheimer bei dem von ihm genauer beschriebenen Arbeiten (er kannte insgesamt 4 Fälle) beobachtet: Kopfweh, Schlaflosigkeit, Appetitlosigkeit, Abmagerung, Anämie, Schwindel — Symptome, die alle auf die Anämie bezogen werden dürfen.

Seit Herxheimers erster Publikation haben eine grofse Anzahl deutscher und französischer Autoren Fälle beschrieben, welche in allem Wesentlichen mit Herxheimers Befund stimmen, aber sehr wenig Neues dazu bringen. Auf der VI. Versammlung der Deutschen dermatologischen Gesellschaft zu Breslau 1901 wurde von Herxheimer über unser bisheriges Wissen über die Krankheit referiert — es ging daraus hervor, dafs der klinische Befund aller Beobachter etwa der gleiche war, dafs leichteste Fälle nur Comedonen zeigen, schwerere daneben ausgebreitete Akne mit Verschwärung, Vernarbung und Knotenbildung, während in den schwersten Fällen sich dazu noch anämische Symptome und Haarausfall gesellen. Weiter auf die Casuistik einzugehen, lohnt für unsere Zwecke nicht.

Über die Ätiologie der Krankheit wissen wir nur folgendes: Während Herxheimer die Krankheit zuerst auf die Wirkung des freien Chlors beziehen zu dürfen glaubte, schliefst er sich jetzt der allgemeinen Ansicht an, dafs wohl wahrscheinlicher ein Chlorierungsprodukt an der Chlorakne der elektrischen Chlorfabriken schuld sei. Übereinstimmend lautet die Beobachtung der Autoren, dafs aus den vielen mit Chlor arbeitenden Betrieben

Digitized by Google

niemals vor 1898 solche Erkrankungen bekannt wurden. Es kann also nicht das Chlor schuld sein.

Von besonderem Wert ist hier weiter die Beobachtung von Bettmann (vergl. Litteratur Nr. 7 und 11) über ganz analoge Erkrankungen bei Personen, welche in der Salzsäureindustrie beschäftigt sind. Die Salzsäure enthält kein freies Chlor. Als Giftquelle wurde angesehen das Reaktionsprodukt, das durch Einwirkung von Salzsäuredampf auf Teer entsteht. Es erkrankten nämlich speziell Personen, welche Salzsäuretürme, d. h. Absorptionsgerüste aus geteerten Holzbrettern zu reinigen hatten.

Eine bestimmtere Bezeichnung für die giftigen Substanzen als »gechlorte Kohlenstoffverbindungen« wagt Niemand. Herxheimer spricht allerdings auch heute daneben noch von Chlor und Chloroxyd. Er berichtet auch, daſs er am Halse von Menschen Akne und Folikulitis sicher nur in solchen Fällen gesehen habe, in denen »der Gebrauch gechlorter Wäsche nicht auszuschlieſsen war,« ferner hat er einen Fall von starker Akne bei einem Menschen beobachtet, der lange Chloralhydrat einnahm und ist geneigt daran zu denken, daſs Chlor aus Chloralhydrat bei Zuführung gröſserer Mengen desselben im Körper frei werden könnte. Ganz dunkel ist auch der Angriffsort des Giftes. Da die Leute in den Betrieben meist bekleidet arbeiten, die Hände von der Krankheit ganz frei bleiben, dagegen z. B. der Rücken sehr stark erkrankt, ist die Annahme von vornherein unwahrscheinlich, daſs das Gift direkt auf die Haut einwirke. Es verteidigt denn auch niemand diese Ansicht mit Bestimmtheit. Vielmehr neigen sich alle Beobachter jetzt der Auffassung zu, in der Chlorakne ein Analogon zur Bromakne und Jodakne zu sehen — von denen man zwar auch nicht genau weiſs, wie sie im einzelnen zu stande kommen[1]), von denen aber doch feststeht, daſs sie durch längeres Einnehmen von Brom oder Jodalkalien entstehen.

1) Dem gründlichen Referat von Touton »Ätiologie und Pathologie der Akne« auf dem 6. Kongreſs der Deutschen dermatol. Gesellschaft zu Straſsburg (Verhandlungen des Kongresses, S. 7—127) entnehme ich, daſs auch für Brom und Jodakne der pathologische Vorgang noch lange nicht ganz aufgeklärt ist. Gibt es doch Forscher, welche in der Jodakne Haut-

Digitized by Google

Eigene Erfahrungen.

A. Beobachtungen in der Fabrik zu X.

Es war mir vergönnt, den sonst streng verschlossen gehaltenen gewaltigen Raum zu sehen, in dem die elektrische Chlor- und Kaliherstellung vor sich geht. Mit Erlaubnis der Fabrikdirektion darf ich folgende Mitteilungen darüber machen.

Die Luft im Raum, in dem täglich mehrere 1000 Kilo Chlor hergestellt werden, hat einen schwachen aber ziemlich reinen Chlorgeruch, der kaum merklich und nur den Ungewohnten belästigt. Den Gehalt bestimmte ich in zwei Versuchen an Stellen, wo der Geruch besonders stark war, zu 0,004 und 0,005 Volumpromille. Die Bestimmung geschah in 50 l Luft, welche durch eine Jodkaliumlösung mit nachgeschalteter Hyposulfitlösung fein verteilt durchgesaugt wurde.

Von anderweitigen Gerüchen, z. B. nach organischen Chlorierungsprodukten, ist im Raume nichts wahrzunehmen, es herrscht in demselben im Winter eine behagliche (ca. 15—20° C.), im Sommer eine warme Temperatur bis gegen 35° C.

Die Herstellung des Chlors geschieht aus Chlorkalium, das in starken Lösungen bei höherer Temperatur durch den Strom zersetzt wird. Die Anode besteht aus Kohle, welche allmählich verzehrt wird. Aus der Kohle und dem Chlor entwickeln sich gechlorte Kohlenstoffverbindungen, von denen die leichter flüchtigen zum Teil mit dem Chlorgas durch die gläsernen Gasentbindungsröhren entweichen. Dabei scheidet sich in denselben mit der Zeit eine gelblich weifse undeutlich faserig krystallinische Masse ab. Weitere derartige organische Chlorierungsprodukte lagern sich in den Zersetzungskörpern selbst am Boden ab und werden bei der in längeren Zwischenräumen nötigen Reinigung und Reparatur entfernt, wobei die Reinigungsarbeiter mit den Substanzen in Berührung kommen.

---

pustelchen sehen, welche mit den Talgdrüsen gar nichts zu thun haben! Andere führen sie auf eine Perifolliculitis zurück, während noch andere sie als typische Folliculitis auffassen, bei der das Wuchern der Epithelien den primären Reiz setzen soll — d. h. es sind alle möglichen Ansichten auch vertreten.

Digitized by Google

Die Fabriksdirektion ist der Überzeugung, dafs diese charakteristische, nach organischen Chlorverbindungen riechenden Körper die Erreger der Krankheit seien, weil:

1. Die Arbeiter der grofsen Chlorkalkfabrik — welche aus dem hergestellten Chlor und Ätzkalk Chlorkalk bereiten, ganz frei von Chlorakne bleiben, wie ich mich selbst mit Sicherheit überzeugte.
2. Die Reinigungsarbeiter ganz vorzugsweise an Chlorakne erkranken.
3. Die Zahl und Intensität der Erkrankungen sehr erheblich abgenommen hat, seit man sorgfältig die zu reinigenden Zellen auskühlen läfst vor der Reinigung. Von der Direktion erfahre ich die sehr interessante Angabe, dafs in ähnlichen Betrieben, wo man mit sehr niedrigen Temperaturen arbeitet oder arbeitete (40°), Chlorakne scheinbar nicht beobachtet wurde, die Anwendung von Temperaturen von 70° führte selten die von gegen 100° am häufigsten zu Erkrankungen. Meine Vermutung, es könnte eine Verunreinigung des hergestellten Chlors mit geringen Mengen Brom an der Krankheit schuld sein, wurde damit entkräftet, dafs mir mitgeteilt wurde, dafs bei der heute ebenfalls schwunghaft betriebenen Bromfabrikation aus Bromkalium überhaupt keine Akne auftrete.
4. Ein sicherer Anhaltspunkt, ob das Gift gegessen, eingerieben oder eingeatmet wird, fehlt auch den Beamten der Fabrik.

Gegen das Essen könnte zu sprechen scheinen das vollkommene Gesundbleiben des Verdauungsapparates, aber auch von Brom und Jodsalzen genügen öfters Dosen zur Akne, welche die Verdauung nicht stören.

Für das Einreiben könnte die frühe Erkrankung von Gesicht, Hals, Ohren und der Haut von Penis und Scrotum sprechen. Alle diese Teile kommen besonders leicht mit den beschmutzten Händen in Berührung. Ebenso spricht dafür die gute Wirkung der Reinlichkeit. Dafs die Hände frei bleiben, könnte in der

Digitized by Google

schwachen Entwickelung ihrer Talgdrüsen und ihrer Abhärtung begründet sein.

Für das Einatmen spricht vor allem der von der Fabrik beobachtete Einflufs der höheren oder niederen Temperatur der Zellflüssigkeit auf den Gesundheitszustand der Arbeiter, welche mit dem Reinigen der Zellen beschäftigt sind. Der Umstand, dafs zuweilen Angehörige der Arbeiter erkrankten, welche die Fabrik nie betraten, bedeutet nur, dafs von dem Gift wohl an den Kleidern nach Hause getragen werden kann, spricht gegen das Essen, lehrt aber nichts über den Einverleibungsweg.

Zur Zeit, als ich die Fabrik zuerst betrat (Dezember 1900), waren schwere frische Fälle von Chlorakne nicht mehr vorhanden. Man hatte schon begonnen, jeden Arbeiter, der Akne zu zeigen anfing, sofort aus der elektrischen Chlorerzeugung wegzunehmen und in anderen Teilen der Fabrik zu beschäftigen. Hatte man doch bemerkt, dafs die Disposition für die Chlorakneerkrankung eine sehr verschiedene ist, und dafs bei vorsichtiger Überwachung überhaupt keine ernste Gefahr für die Arbeiter aus dem Betriebe entspringt.

Immerhin hatte ich Gelegenheit, eine gröfsere Reihe (7) leichter und schwererer chronischer Chlorakneerkrankung zu sehen, die mir im Brausebade der Fabrik vom Fabrikarzt vorgeführt wurde. Neues habe ich nach den eigenen Beobachtungen den litterarischen Mitteilungen über das Krankheitsbild nicht beizufügen, folgende, gröfstenteils auf Mitteilungen des Herrn Fabrikarztes beruhende Angaben dürften aber doch von Interesse sein.

Die Krankheit zeigt sich als eine fast ausschliefsliche Affektion der Hauttalgdrüsen. Von anderen nebenhergehenden Erscheinungen ist nur beobachtet worden, dafs die betr. Arbeiter schon nach ca. 14 Tagen eine leicht graue Verfärbung der Gesichtshaut sowie eine leichte ödematöse Schwellung der Augenlider zeigen.

Die Erkrankung der Talgdrüsen zeigt — wie auch die auf anderen Ursachen beruhende Akne — 3 Stadien. Im 1. Stadium treten zahlreiche Comedonen in der Haut auf; im 2. Stadium entwickeln

Digitized by Google

sich durch Anhäufung des Sekrets der Talgdrüsen, das sich nicht entleeren kann, kleine Geschwülstchen in der Haut von Stecknadelkopf- bis Erbsen- und zuweilen bis Haselnufs- oder Kirschgröfse, die sich ganz verhalten wie kleine Atherome, nur haben sie nicht wie diese eine verdickte Wand (Kapsel). Im 3. Stadium gehen diese kleinen Geschwülstchen in Abscesse über. Erst wenn eine gröfsere Zahl von solchen Abscessen gleichzeitig auftritt, fühlen die Leute Beschwerden und sind arbeitsunfähig; so lange nur wenige Pusteln vorhanden sind, ist die Krankheit den Arbeitern gleichgültig. Die vorhandenen Abscesse heilen eröffnet oder nicht eröffnet mit Hinterlassung oberflächlicher, verschieblicher, glatter, weifser Narben. Die 3 Stadien sind nicht scharf von einander getrennt, sondern gehen vielfach in einander über; sobald erst einmal Pusteln vorhanden sind, sieht man bei demselben Patienten alle drei Stadien in verschiedener Entwickelung.

In einzelnen Fällen tritt das erste Stadium, die Comedonenbildung, schon ein, nachdem die Arbeiter nur wenige Wochen in dem Betrieb beschäftigt sind, in anderen Fällen erst nach Monaten.

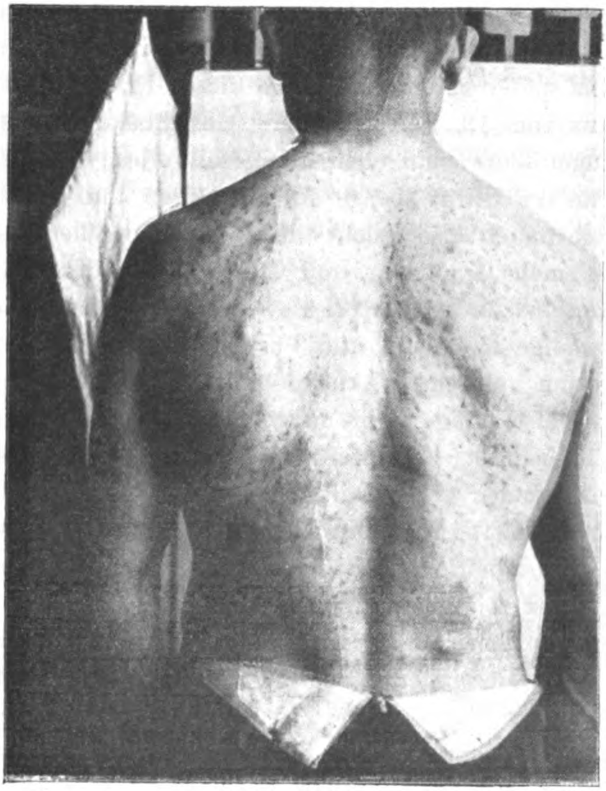
Zuerst wird von der Krankheit befallen das Gesicht, dann der Hals, Nacken und Ohren, dann Penis und Scrotum, dann Bauch, Brust und Rücken, dann Oberarme und Oberschenkel. Die Krankheit bietet eine gute Prognose, auch die schweren Fälle, welche anfangs beobachtet wurden, sind sämtlich geheilt. In den letzten 2 Jahren kamen keine schweren Fälle mehr vor.«

Ich lasse die Krankengeschichte eines schweren und eines leichten Falles folgen:

M a n n e b a c h, 30 Jahre alt, früher ganz gesund, war vom 27. Juni 1898 bis 4. Januar 1899 im Ätzkalibetrieb meist an den elektrolytischen Zellen beschäftigt. Im November 1898 zeigten sich zahlreiche Mitesser, denen bald Knötchen und Abscesse folgten. M a n n e b a c h wurde deshalb 3 Monate in einem anderen Betrieb beschäftigt. Während der Jahre 1899 und 1900 abscedierten eine grofse Anzahl der Knötchen; allmählich wurden die Abscesse weniger, jetzt tritt etwa 1 Abscefs in einem Monat auf.

Digitized by Google

Während der ganzen Zeit hat Mannebach gearbeitet. Stärkere Beschwerden waren nur vorhanden im Sommer 1899, als am Rücken gröfsere Abscesse auftraten, welche durch die vorhandene Spannung störten. Jucken war nur an heifsen Sommertagen vorhanden. Die Behandlung bestand in der Anwendung von Spir.



saponatus, sowie täglichen warmen Bädern. Status vom 12. Febr. 1901. Gesichtshaut etwas grau gefärbt; Augenlider leicht ödematös geschwollen; im Gesicht wenige Comedonen und Akne-Knötchen, zahlreiche oberflächliche, blasse Narben von Hirsekorn- bis Hanfkorngröfse in der Cutis, ebenso am Hals; an den Ohren Comedonen und Knötchen; auf der Brust und am Rücken sehr zahlreiche Comedonen, weniger Knötchen von Stecknadelkopf- bis Erbsengröfse, wenige Pusteln, sehr zahlreiche oberflächliche

Digitized by Google

blasse Narben von Stecknadelkopf- bis Erbsengröſse; am Penis und Scrotum Knötchen von Stecknadelkopf- bis Erbsengröſse. Allgemeinbefinden gut, Lungen und Herz zeigen nichts Abnormes; im Urin kein Eiweiſs.

Kuemmel, 47 Jahre alt, früher ganz gesund, seit 21. März 1900 im Ätzkalibetrieb an den elektrolytischen Zellen beschäftigt. Im Oktober zeigten sich zahlreiche Mitesser im Gesicht, dann traten Mitesser am Hals auf, sowie kleine Knötchen; etwa 4 Wochen später vereiterten einige dieser Knötchen.

Status vom 12. Februar 1901. Gesichtshaut leicht grau gefärbt, Augenlider leicht ödematös geschwollen; im Gesicht, besonders an der Stirn, ebenso an den Ohren und am Hals zahlreiche Comedonen; im Gesicht einige Akne-Knötchen und Pusteln, am Hals mehr Knötchen und Pusteln von der Gröſse eines Hanfkornes bis zu der einer Erese; an der Brust zahlreiche Comedonen, wenige Knötchen und Pusteln; an der Haut des Penis und Scrotum zahlreiche Akneknötchen von Stecknadelkopf- bis Hanfkorngröſse, einige kleine Pusteln. Die Knötchen und Pusteln machen K. keinerlei Beschwerden. Zuweilen hat K. etwas Husten. Allgemeinbefinden gut. Urin frei von Eiweiſs.

Frohmueller, 33 Jahre alt, früher ganz gesund, seit 9. Aug. 1900 im Ätzkalibetrieb an den elektrolytischen Zellen beschäftigt. Im November zeigten sich im Gesicht, am Hals, an den Genitalien und an den Hüften Mitesser, sowie kleine Knötchen und Pusteln. Im Dezember wurde F. in einem andern Betrieb beschäftigt und während dieser Zeit heilten die Abscesse.

Status 12. Februar 1901. Gesichtshaut etwas grau gefärbt, Augenlider leicht ödematös geschwollen, im Gesicht zahlreiche Comedonen und Akneknötchen von Hirsekorn- bis Hanfkorngröſse, auch einzelne Pustelchen; am Hals und im Nacken zahlreiche Knötchen und Pustelchen von Hanfkorn- bis Erbsengröſse; am Bauch Comedonen sowie Pusteln von derselben Gröſse; am Rücken und Gesäſs wenige Pustelchen; an den Genitalien Comedonen, Knötchen und 1 Pustelchen. F. fühlt sich vollkommen wohl. Die »Pocken« machen ihm keinerlei Beschwerden. Urin enthält kein Eiweiſs.

Digitized by Google

Später teilte mir der Fabrikarzt mit, dafs in neuester Zeit die Chlorakne wunderbarerweise mehrmals an anderen Körperstellen ihren Anfang genommen[1]) wie früher — im Beginn der Erkrankung an den Armen und Beinen und erst späteres Befallenwerden des Kopfes, Halses und Rumpfes wurde einige Male beobachtet.

Experimentelle Ergebnisse.

Zur experimentellen Ermittelung der Krankheitsursache durch Tierversuche gab es zwei Wege:

1. Aufstellung möglichst zahlreicher Käfige in dem Arbeitsraum der Fabrik, in der Nähe der Stelle, wo die Zellentleerung stattfindet, event. Einbringen chlorierter Substanzen in den Käfig selbst.
2. Laboratoriumsversuche an möglichst verschiedenen Tieren über die Wirkung
   a) der Einatmung,
   b) der Einreibung,
   c) der Verfütterung

der verdächtigen Substanzen.

Die Fabrik glaubte den Weg 1 nicht betreten zu sollen, gab mir aber für den Weg 2 volle Freiheit, Tiere zu wählen und Einwirkungswege zu prüfen.

Ich untersuchte die Wirkung des Rohmaterials, das aus den Chlorentbindungsröhren gesammelt und aus den Zellrückständen mit Äther ausgezogen war, gemeinsam und zwar ohne weitere Reinigung.

1) In der Sitzung des unterelsässischen Ärztevereins (Münchner med. Wochenschr., 1902, Nr. 2) gibt Wolff an: »Die Lokalisation der Aknepusteln, Comedonen und Atheromen ist abhängig von dem Lageverhältnis der elektrolytischen Zellen über oder unter dem Arbeiter. Der vorgestellte kräftige Arbeiter zeigt die Erkrankung der oberen Körperhälfte, er war an den negativen Zellen beschäftigt und wurde wohl durch unterchlorigsaure Natrondämpfe geschädigt.« Hierzu ist zu bemerken, dafs in X. alle Zellen auf dem Boden stehen, sich alle Arbeiter gelegentlich über die Zellen beugen, und dafs beim Reparieren der Zellen alle Körperteile in gelegentliche Berührung mit den Zellen kommen — am meisten natürlich die Hände. »Dämpfe von unterchlorigsaurem Natron« gibt es nicht.

Digitized by Google

Die chemische Untersuchung von Seite der Fabrikchemiker hatte in diesen Massen nachgewiesen neben etwas leicht flüchtigem Chloroform und Tetrachlorkohlenstoff:

1. Hexachloräthan. C_2Cl_6. Krystallinisch, riecht kampherartig, sublimiert bei 182°. Mit Wasserdampf flüchtig. Ist nicht in den Zellen, sondern in den Wasserabscheidern zu finden wegen seiner Flüchtigkeit und kommt nicht ernstlich als Ursache der Chlorakne in Betracht. Reizt die Augen stark.
2. Hexachlorbenzol C_6Cl_6. Krystallinisch, Schmelzpunkt 226°, mit Wasserdampf etwas flüchtig. Stellt die Hauptmasse derNiederschläge in den Chlorentbindungsröhren dar.
3. Pentachlorbenzoesäure. C_6Cl_5COOH als Salz in ziemlicher Menge im Inhalt der ausgebrauchten Zellen.

Um uns einen Begriff von der Flüchtigkeit der 3 reiner isolierten schwer flüchtigen Chlorprodukte zu verschaffen, wurden verschiedene Versuche angestellt.

Aufserordentlich flüchtig erwies sich das Athylenhexachlorid (C_2Cl_6), schon in 1 Stunde wurden von 17 g des vollkommen getrockneten Präparates 0,6 g durch Überleiten von 250 l trockene auf ca. 40° erwärmter Luft weggeführt.

Schwer flüchtig waren dagegen Pentachlorbenzoesäure und Hexachlorbenzol. Von dem ersteren Präparat gingen unter den obigen Bedingungen per Stunde nur etwa 2 mg weg, vom unreinen Hexachlorbenzol etwa ebensoviel. Nachdem die Präparate ganz trocken waren, war bei Zimmertemperatur auch an mehrere 100 l Luft kaum eine Stoffabgabe zu konstatieren. Eine Wahl zwischen diesen Stoffen war schwer, C_2Cl_6 macht etwas Augenreizung, die Pentachlorbenzoesäure mufste in vielen Phasen des Prozesses als Salz, d. h. ganz unflüchtig vorhanden sein, das Hexachlorbenzol schien am ehesten verdächtig, weil es in grofser Menge vorkommt, keine auffallend reizenden Eigenschaften hat, und in jeder Phase des Prozesses flüchtig ist.

Demnach erschien es am klügsten, von den Stoffen, die ich aus der Fabrik erhielt, die unreinsten zu wählen, d. h. das

Digitized by Google

gemischte schmutzig braungelbe Produkt, das durch Ausschütteln der angesäuerten Zellflüssigkeit mit Äther erhalten wurde, gemischt mit den undeutlich krystallinischen gelbweifsen Absätzen der Chlorentbindungsröhren. In diesen Massen waren sicher neben Hexachlorbenzol und Pentachlorbenzoesäure noch andere Stoffe vorhanden. Leicht konnte der wirksame darunter sein.

Fütterungsversuche.

1. Eine Katze erhielt 12. II. 1901 bis 21. IV. 1901, d. h. 10 Wochen, täglich 0,1 g Chlorierungsprodukte unter dem Futter. Das Körpergewicht stieg erst von 2680 auf 2950. Tod durch schweren blutigen Magenkatarrh. Haut intakt.
2. Fütterungsversuche an Affen scheitern, die Tiere fressen das vergiftete Futter nicht.

Inhalationsversuche.

Bei der schweren Flüchtigkeit der Rohchlorierungsprodukte kamen wir erst nach langem Probieren auf folgende praktische Methode, sie der Luft beizumischen.

Wir prefsten einen Luftstrom von ca. 2000 l per Stunde durch einen mit ca. 50proz. verdünnter Schwefelsäure gefüllten[1]), auf 118° erhitzten Kolben, in dem anfangs 1 später 5 g Chlorierungsprodukte schwammen. Der Kolben wurden 2 mal wöchentlich frisch gefüllt. Die mit Chlorierungsprodukten geschwängerte, sehr unangenehm riechende Luft leiteten wir in einen grofsen Glaskasten, der nach dem Prinzip des kleinen Respirationsapparates von Voit ventiliert wurde. Konnte auch auf diese Weise weder der Grad der Luftverunreinigung quantitativ noch qualitativ genauer angegeben werden, so war doch für eine ziemlich konstante Beimischung der Chlorierungsprodukte und einen richtigen Luftwechsel gesorgt. Dabei war die Luft frei von lästigen Wasserdämpfen. In dieser Weise wurden der Einwirkung der gemischten Rohchlorierungsprodukte unterworfen:

1. Ein Affe (Rhesus) vom 30. V. bis 30. VII. 1901 täglich 6—7 Stunden. Anfangs leichte Reizsymptome dann Gewöhnung. Gar keine Akne-

1) In einer Anzahl Versuche wurde statt Wasser wässerige Zellrückstandsflüssigkeit zum Mischen mit der Schwefelsäure benutzt — ohne anderen Erfolg.

Digitized by Google

symptome, obwohl der Affe sehr dünn, namentlich am Bauche, behaart war.

2. Eine Meerkatze (Cercopithecus sabaeus) vom 4. III. bis 13. V. 1902, d. h. ca. 9 Wochen, täglich meist 8 Stunden. Das anfangs sehr kräftige, schon über 1 Jahr in Deutschland gepflegte Tier, nimmt gegen Ende der Inhalationszeit an Kraft, Appetit, Körpergewicht stark ab und stirbt 8 Tage nach Aufhören der Versuche an vorgerückter Lungenschwindsucht. Keine Andeutung von Chlorakne.
3. Ein Kaninchen vom 3. III. bis 15. VI., d. h. 14 Wochen, täglich 8 Stunden. Wirkung Null.
4. Ein junges Schwein vom 9. XII. 1901 bis 15. I. 1902. In der Zeit nimmt es von 9 kg auf 15 kg zu und wird zu grofs für den Glaskasten. — Sektion ergab absolut normales Verhalten trotz 5wöchentlicher Einwirkung.
5. Ein junges Schwein vom 4. III. bis 15. VI. in einem neuen gröfseren Kasten [1]). Dasselbe nahm dabei von 10 kg auf 19 kg zu, ward aber rhachitisch, so dafs Gehen und Stehen mit Schwierigkeiten und Schmerzen verbunden sind. Bei der Schlachtung waren an einigen Körperstellen einige wenige akneartige Knötchen zu sehen — gar nichts von Comedonen. Die ganz vereinzelten Knötchen schienen mir keineswegs die Bezeichnung Chlorakne zu verdienen.

Einreibungsversuche.

1. Ein kleiner kurzhaariger Hund wird vom 12. II. bis 12. VII. 1901, d. h. 5 Monate, nächst dem Halsband am Rücken und aufserdem zwischen den Vorderbeinen alle 2—3 Tage mit etwa 0,2—0,3 g Chlorierungsprodukte eingerieben. Die eingeriebenen Stellen werden etwas verdickt und infiltriert, aber es zeigt sich keine Spur von Erkrankung der Talgdrüsen. Der Hund lebte dabei beständig in einem Stall, der intensiv nach den Chlorierungsprodukten roch. Tiergewicht nahm von 2850 auf 3850 g zu. Bei der Tötung alles normal.
2. Der gleiche Rhesusaffe, welcher vom 30. V. bis 30. VII. täglich 6 bis 7 Stunden die Dämpfe inhaliert hatte, wurde vom 1 VIII. bis 15. XII. 1901, d. h. $4^1/_2$ Monate lang, alle 2 Tage an Brust und Bauch, zuweilen auch hinter dem Ohr, mittels eines Wattebäuschchens mit den Rohchlorierungsprodukten eingerieben. Das Tier nimmt dabei trotz sorgfältiger Pflege an Munterkeit ab und stirbt am 15. XII. 1901. Die Sektion ergibt beginnende Lungentuberkulose.

---

1) In diesem Versuch mischte sich dem Reinluftstrom aufser der Luft, welche über die Rohchlorierungsprodukte gegangen war, ein Strom bei, welchem Tetrachlorchinondämpfe beigemischt waren. In Frankreich wurde einmal behauptet, dafs das Tetrachlorchinon die Ursache der Chlorakne sei. Die Dämpfe wurden erzeugt durch Erhitzen von 1400 Schwefelsäure + 800 Wasser + 5 g Tetrachlorchinon. Wöchentlich zweimal wurde der Kolben frisch gefüllt.

Digitized by Google

Experimentelle Prüfung der Hypothese von Hallopeau.

Nach Hallopeau und Chassevant (Soc. de Dermat et de Syph. 8. XI. 1900) soll die Chlorakne dadurch zu stande kommen, dafs das Hautfett durch das Chlor chloriert und dadurch schwerer schmelzbar und fester werde. Zur Prüfung dieser Hypothese habe ich 3 mal 5 g Schweinefett mit je 100 ccm Wasser 3 Stunden lang erhitzt, die eine Probe blieb frei vom Chlor, eine Probe wurde kunstgerecht mit chlorsaurem Kali und Salzsäure chloriert, die andere mit 0,5 g der »rohen Chlorierungsprodukte« versetzt. Nach Ablauf der 3 Stunden wurde ermittelt.

Schmelzpunkt des Schweinefettes ohne Chloreinwirkung				41°
»	»	»	und Chlorierungsprodukte	37°
»	»	»	» Chlor	31°

Es wird also der Schmelzpunkt durch partielles Chlorieren herabgesetzt und nicht erhöht. Bei der Temperatur der menschlichen Haut sind gerade die chlorierten Fette flüssig, so dafs praktisch kaum in Frage kommen kann, dafs bei Zimmertemperatur in der That das chlorierte Fett eine vermehrte Festigkeit hat und sich etwa wie weiches Paraffin anfühlt.

Zusammenfassung.

Die mühsamen und ziemlich kostspieligen Versuche haben also keine positiven Erfolge gehabt, die Chlorakne ist unaufgeklärt. Es kann daran schuld sein:

1. Das wirkliche Gift wurde nicht verwendet. Dies ist möglich, aber nicht gerade wahrscheinlich.
2. Der richtige Einverleibungsweg wurde verfehlt. Dies ist recht unwahrscheinlich, da die verschiedenen denkbaren Wege versucht wurden.
3. Tiere, resp. die verfügbaren Tiere, erkranken nicht an Chlorakne. Dies ist mir für den Augenblick die wahrscheinlichste Erklärung, denn ich habe nirgends in der Litteratur eine Angabe über Brom oder Jodakne bei Tieren finden können.

Digitized by Google

Prophylaxe der Chlorakne.

Die überraschenden Erkrankungen an Chlorakne, die niemand voraussehen konnte, haben die elektrolytische Halogendarstellung nicht aufzuhalten vermocht. Einfache, schon oben angedeutete Vorsichtsmafsregeln haben ausgereicht, um die lästige, schwer zu behandelnde Krankheit fast ganz zu verhüten. — In dem grofsen Betrieb sind seit 3 Jahren nur etwa 3 leichte Erkrankungen pro Jahr zu konstatieren. Die Mafsregeln sind:

1. Ausschlufs aller Personen, welche nach einiger Zeit leichte Akneerkrankung oder auch nur stärkere Comedonenentwicklung zeigen.
2. Abkühlenlassen der zu reinigenden Zellen vor der Eröffnung. Beseitigung des organischen chlorhaltigen Zellschlammes.
3. Sorgfältige Hautpflege bei allen Arbeitern durch tägliche Brausebäder, deren Dauer als Arbeitszeit gerechnet wird.

Benutzte Litteratur.

1. Herxheimer, Über Chlorakne. Münchner med. Wochenschrift, 1899, Nr. 9, 28. Febr.
2. Thibierge et Pagniez, Annales de Dermatologie, 1900, p. 101 u. 815.
3. Renon et Latron, Soc. med. des hopitaux, 1900.
4. Hallopeau, Annales de Dermatologie, 1900, p. 1146.
5. Hallopeau et Trastour, l. c., 1900, p. 1239.
6. Hallopeau et Lemierre, l. c., 1900, p. 756.
7. Bettmann, Deutsche med. Wochenschrift, 1901, Nr. 21.
8. Fränkel C., Münchner med. Wochenschrift, 1902, Nr. 1.
9. Brandt, Deutsche dermatologische Gesellschaft, VII. Kongrefs, 1901 S. 114.
10. Herxheimer, a. a. O., S. 152, 547.
11. Bettmann, a. a. O., S. 548.
12. Wolff, Unterelsässischer Ärzteverein, 21. Dez. 1901. (Münchner med Wochenschrift, 1902, Nr. 2.)

Herrn Prof. Dr. O. Seifert, der mir die dermatologische Litteratur in liebenswürdiger Weise zur Verfügung stellte, sage ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank.

Digitized by Google

Über die biologische Bedeutung der färbbaren Körnchen des Bakterieninhaltes.

Von

Dr. **Vladislav Růžička,**
Assistenten am Institute.

(Aus dem k. k. hygienischen Institute des Prof. Dr. Gustav Kabrhel in Prag.[1])

(Mit Tafel II und III.)

In einer vorläufigen Mitteilung[1]) habe ich bekannt gegeben, dafs es mir mit Hilfe einer einfachen, auf histologischen Prinzipien beruhenden Methode, deren genauere Auseinandersetzung ich mir für die ausführliche Publikation vorbehielt, gelungen ist, im Bakterienkörper Körnchen darzustellen, die — wie ich mich überzeugen konnte — bei gewissen Lebensvorgängen der Bakterien eine wesentliche Rolle spielen.

Zur Zeit, als jene meine vorläufige Mitteilung im Drucke erschien, war das regelmäfsige Vorkommen von körnchenartigen Bildungen in den Bakterien noch Gegenstand der Diskussion. Ich habe jedoch bereits darauf hingewiesen, dafs das Vorkommen derselben eine nahezu allgemein gültige Erscheinung zu sein scheint, da es mir gelungen war, sie bei einer gröfseren Anzahl von Bakterien- und Hyphomycetenarten zu beobachten. Seither sind diese Körnchenbildungen vielfach von verschiedenen Seiten

---

1) Der Böhm. Kaiser Franz Joseph-Akademie der Wissenschaften vorgelegt am 14. November 1902.

2) Zur Frage von der inneren Struktur der Mikroorganismen. Centralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenkunde, XXIII, Nr. 8, 1898.

Digitized by Google

her nachgewiesen worden, so dafs das konstante Vorhandensein derselben im Bakterienkörper als allgemein anerkannt angesehen werden kann.

Es handelt sich nunmehr um die Lösung der Frage von der Bedeutung jener Formationen für die Biologie der Bakterienindividuen, sowie um die morphologischen und physiologischen Beziehungen jener Bildungen zu den Zellkernen andersartiger lebender Substanzen. Dies ist zwar bereits mit verschiedenem Erfolge von mehreren Forschern versucht worden. Wenn es trotzdem bis jetzt nicht gelungen ist, in diese Frage völliges Licht zu bringen, so scheint daran weniger die Schwierigkeit des Problems, die ich zwar keineswegs unterschätze, als die Unzulänglichkeit der verwendeten Beobachtungsmethoden die Schuld zu tragen.

Im nachfolgenden gestatte ich mir, einen Beitrag zur Lösung der aufgeworfenen Frage zu liefern, in der Überzeugung, dafs die nachstehend angeführten Beobachtungen geeignet sind, zumindest eine teilweise Klärung derselben herbeizuführen.

I. Die Struktur des Bakterienkörpers.

Bevor ich an die eigentliche Darstellung meiner Beobachtungen schreite, möchte ich einige methodologische Bemerkungen vorausschicken, die sich mir bei der Bearbeitung des vorliegenden Gegenstandes ergeben haben.

Bei dem Studium der Bakterienstruktur hat man bisher zu wenig auf die methodische Seite geachtet und oft Untersuchungsmethoden gebraucht, welche vom histologischen Standpunkte aus, von dem die ganze Frage doch betrachtet werden mufs, für unzureichend erklärt werden müssen. Dies gilt vor allem von den Fixierungsmethoden. Hat man ja doch zuweilen die Bakterien in einer Weise behandelt, als ob sie nicht aus lebender Substanz, sondern aus einem säurefesten Stoffe bestünden, und trotzdem auf Zustände während des Lebens geschlossen. So hat z. B. Sjöbring[1]), um die feinere Struktur der Bakterien zu studieren,

1) Sjöbring, Über Kerne und Teilungen bei Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., Nr. 3, 4, 1892.

Digitized by Google

dieselben der Einwirkung von Salpetersäure ausgesetzt und glaubte dann Kernteilungsfiguren beobachtet zu haben. Jedenfalls setzte man hierbei die Widerstandsfähigkeit der äufseren Form der Bakterien mit der Widerstandsfähigkeit der Struktur der dieselben zusammensetzenden lebenden Substanz in eine zu enge Parallele. Auch die bei der Anfertigung der gewöhnlichen Trockenpräparate übliche Fixierung mittels direkter Einwirkung der Flamme ist für die innere Struktur des Bakterienkörpers entschieden nicht gleichgültig; zumindest entstehen Schrumpfungen und Verzerrungen der Strukturelemente, so dafs die Bilder dem Zustande während des Lebens nicht vollständig entsprechen. Viel vorteilhafter sind diejenigen Verfahren, bei welchen die Fixierung mittels rasch eindringender und koagulierender Flüssigkeiten bewirkt wird, wie z. B. mit absolutem Alkohol oder konzentrierter Sublimatlösung; doch ist auch hier die Möglichkeit von plasmolytischen Vorgängen nicht ganz von der Hand zu weisen. Die letzteren können jedoch auch dann zu stande kommen, wenn man, wie es Babes[1]) gethan, überhaupt von einer Fixierung absieht und die auf das Deckgläschen aufgetragene Bakterienschichte blofs an der Luft antrocknen läfst, wobei der Einflufs der nicht in allen Teilen des Präparates gleichen Verdampfung Anlafs zur Entstehung von Kunstprodukten geben kann.

Aufser der Fixierung ist auch die Färbungsweise zu beachten, wenn man in die Strukturverhältnisse Einsicht erhalten will. Bereits in meiner obenerwähnten vorläufigen Mitteilung habe ich darauf aufmerksam gemacht, dafs man bei der gewöhnlichen Tinktion der bakteriologischen Trockenpräparate überfärbte Bilder erhält, in welchen die wirkliche Struktur vollkommen verdeckt ist. Deshalb habe ich, wie auch andere Autoren, in meine Methode die Entfärbung eingeführt. Freilich dürfen zu diesem Zwecke keine Entfärbungsmittel gebraucht werden, die aufser der Entfärbung noch andere, etwa plasmolytische, Wirkungen entfalten würden. Daher benutzte ich stark verdünnte Essigsäure.

1) Babes, Über isoliert färbbare Anteile von Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. V, 1888.

Digitized by Google

Kurz, es ergibt sich die Notwendigkeit, auch die Bakterien, sobald sie Objekt der histologischen Untersuchung werden sollen, schonend zu behandeln. Ich glaubte dies mit der in der öfter erwähnten vorläufigen Mitteilung angedeuteten Präparationsmethode erreicht zu haben. Bei derselben wurden die nicht lufttrockenen Präparate mit Hilfe konzentrierter wässeriger Quecksilberchloridlösung fixiert, die mir als aufserordentlich rasch durchdringendes und Strukturen kaum änderndes Fixierungsmittel bekannt war, sodann mit wässeriger Methylenblaulösung gefärbt und mit verdünnter Essigsäure abgefärbt. Die auf diese Weise erreichten Bilder entsprachen, wie ich mich später überzeugte, fast genau den thatsächlichen Verhältnissen. Wenn ich trotzdem bei dieser Methode nicht stehen blieb, so hatte dies nachfolgende Gründe.

Um über den Einflufs der Präparationstechnik auf die erhaltenen Strukturbilder vollkommen klar zu werden, habe ich die verschiedenen, zur Darstellung der Bakterienstruktur angegebenen Methoden untereinander und mit der von mir angegebenen verglichen, um mir so eine verläfsliche methodische Basis für meine eigenen Untersuchungen zu sichern. Ohne auf die Details dieser Untersuchungen einzugehen, da sie für die nachfolgenden Ergebnisse keine weitere Bedeutung besitzen, beschränke ich mich darauf, mitzuteilen, dafs vor allem die von Bütschli[1]), Babes[2]) und Ernst[3]) zum erstenmal beschriebenen färbbaren Körnchen im Bakterieninhalte mit Hilfe aller dieser Methoden dargestellt werden können, wenn auch mit gewissen Differenzen, die ich jedoch weiter nicht berühre.

Dieselben sind nämlich im grofsen und ganzen geringfügig und, mit Bezug auf das allgemeine Strukturbild, ziemlich bedeutungslos, da alle vorerwähnten Methoden in dieser Beziehung analoge Bilder liefern.

1) Bütschli, Protozoa in Browns Tierreich, I, 1880, St. XII.

2) Babes, Soc. anatom. de Paris. Séance 1. Nov. 1884.

3) Ernst, Über den Bac. Xerosis und seine Sporenbildung. Zeitschr. f. Hygiene, IV, 1888.

Digitized by Google

Bedeutungsvoller und überraschender sind jedoch andere Strukturunterschiede, die nicht auf die Einwirkung der präparatorischen Eingriffe zurückgeführt werden können, da sie bei sämtlichen obenerwähnten Methoden zwar zu stande kommen können, jedoch nicht müssen. Diese Unterschiede betreffen die Zahl und Anordnung der Körnchen in einzelnen Individuen derselben Kultur.

So zeigte z. B. Bacillus Zenkeri aus derselben Kultur in dieser Beziehung grofse Verschiedenheiten. Tafel I Fig. 1 bringt diese Verhältnisse zur Abbildung. Man sieht, dafs einmal ein Individuum nur ein centrales oder auch nur ein polständiges Körnchen enthält; manchmal findet man dagegen zwei Körnchen in einem Stäbchen zu je einem in den entgegengesetzten Polen. Es kommt jedoch auch vor, dafs sich die Körnchen zu zweien an den Stäbchenpolen befinden. Oder es besitzt ein Stäbchen drei Körnchen, zwei polständige und ein centrales, doch kann man auch ein polständiges und ein centrales vorfinden. Weiterhin kann man mehreren regelmäfsig oder unregelmäfsig angeordneten Körnchen in einem Bakterienindividuum begegnen. Schliefslich kann das Stäbchen mit Körnchen ganz vollgepfropft sein, was besonders bei längeren Formen der Fall ist. Es können jedoch auch die Körnchen überhaupt fehlen und statt derselben quergestellte Zwischenwände in Erscheinung treten. Natürlich unterliegt auch die Gröfse der Körnchen verschiedenen Variationen, so dafs einzelne Stäbchen gleich grofse, andere wieder ungleich grofse, einzelne nur grofse, andere wieder nur kleine Körnchen enthalten.

Diesen Verschiedenheiten begegnete ich auch bei anderen Bakterienarten. Um mir Gewifsheit zu verschaffen, wie sich diese Verhältnisse während des Lebens der Bakterien verhalten, untersuchte ich vorerst, ob die betreffenden Gebilde nicht auch im ungefärbten Präparate sichtbar sind. Obwohl ich einige Bakterienarten fand, bei welchen dies wohl möglich ist, ich nenne beispielsweise Bacterium radicosum, einige grofse Spirillen, so sind derartige Beobachtungen doch nur ziemlich schwer ausführbar und erheischen bereits eine fortgeschrittene Vertrautheit mit

Digitized by Google

der Behandlung lebender Objekte. Viel einfacher, und wie ich später zeigen werde, auch aus anderen Gründen vorteilhafter, gestalten sich die Dinge, wenn bei der Beobachtung der Bakterienstruktur die vitale Methylenblaufärbung in Anwendung kommt, eine Methode die ich bereits im Laboratorium des Herrn Hofrates Prof. Dr. A. Spina an lebenden Zellen vielfach verwendet habe und die Zettnow[1]) und neuerdings Ernst[2]) auch bei Bakterien gebraucht haben.

Entgegen den früher angedeuteten war diese Beobachtungsmethode völlig einwandsfrei. Die mit derselben erzielten Resultate mufsten daher ausschlaggebend sein. Über dieselben wird nachfolgend berichtet.

Die zur Beobachtung gelangenden Bakterien wurden möglichst in ihrem natürlichen Medium untersucht, um nicht unter Verhältnissen zu beobachten, die geeignet wären, Änderungen in der Struktur herbeizuführen. Die bei der Züchtung von Bakterien in künstlichen Nährsubstraten notwendig erfolgende Akkommodation auf die letzteren könnte ja von solchen begleitet sein. Um also diesem Einwande zu begegnen, untersuchte ich Bakterien aus Gemischen, Aufgüssen, pathogene Arten in tierischen Säften, oder impfte Aufgufsbakterien in sterilisierte Aufgüsse, um so Reinkulturen unter natürlichen Bedingungen zu erhalten; Bakterien schliefslich, bei welchen dies nicht thunlich war, untersuchte ich zwar aus Kolonien, die auf künstlichen Substraten gezüchtet wurden, jedoch nur in der ersten der Platte entwachsenen Generation, nie nach Weiterzüchtung, und nur aus Substraten, auf welchen sie gut gediehen. Zur Beobachtung wurde entweder ein Tropfen der Bakterien enthaltenden Flüssigkeit mit der Platinöse auf das Objektglas gebracht, mit dem Deckgläschen bedeckt und hierauf Methylenblaulösung von der Seite zugesetzt, oder aber wurden die der Kultur entnommenen Bakterien direkt in ein Tröpfchen Methylenblaulösung gebracht,

1) Zettnow, Über den Bau der grofsen Spirillen. Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 24, 1897.

2) Ernst, Über den Bau der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriologie, II. Abt., Nr. 1—4, 1902.

Digitized by Google

das Deckgläschen aufgelegt und mit einer Vaselin- oder Ölschichte von drei Seiten umgeben, um die zu rasche Verdampfung hintanzuhalten und doch den Zutritt der Luft zu ermöglichen. Wird nämlich das Präparat gänzlich eingeschlossen, so reduziert sich bei einigen Arten das Methylenblau, noch bevor die Bakterien absterben, zu seinem Leukoprodukt. Die zur Färbung verwendete Lösung des Methylenblaus war ziemlich verdünnt; gewöhnlich betrug das Verhältnis 1 : 8000 Wasser. Die Färbung kommt bald zu stande und entspricht vollkommen derjenigen, welche mit aufserordentlich verdünnten Lösungen (1 : 30000, 1 : 40000) in 18—24 Stunden erreicht wird.

Zur Untersuchung gelangten:

I. Eubacteria: 1. Coccaceae.

Gattung Mikrococcus.

Mikrococcus viticulosus (Flügge).
» pyogenes (Rosenbach) Mig.
» luteus (Schröter) Cohn.
» tetras.
» aureus (Rosenbach) Mig.
» flavus aquatilis.
» gigas (Frankland).
» agilis citrinus.
» carneus (Zimmermann).

Gattung Sarcina.

Sarcina flava (de Bary).
» aurantiaca (Flügge).
» citrina (Gruber).
» gasoformans (Gruber).

Gattung Planococcus.

Planococcus citreus (Menge) Mig.

2. Bacteriaceae.

Gattung Bacterium.

Bacterium anthracis (Koch) Mig.
» radicosum (Zimmermann) Mig
» plicatum (Zimmermann).
» acidi lactici (Hueppe) Mig.
» rhinoscleromatis (v. Fritsch).
» margarittaceum Mig.
» fuscum (Flügge) Mig.
» arborescens (Frankland) Mig.
» aquatile (Frankland) Mig.
» latericeum (Adametz-Wichmann) Mig.

Digitized by Google

Bacterium amethystinum (Eisenberg) Mig.
» tuberculosis (Koch) Mig.
» mallei (Löffler) Mig.
» diphtheriae (Löffler) Mig.
» influenzae cuniculi.

Gattung Bacillus.

Bacillus subtilis (Ehrenberg) Cohn.
» megaterium (de Bary).
» mycoides (Flügge).
» guttatus (Zimmermann).
» gracilis (Zimmermann).
» mesentericus (Flügge) Mig.
» mirabilis (Zimmermann).
» nubilus (Frankland).
» centralis (Zimmermann).
» punctatus (Zimmermann).
» typhosus.
» sulcatus (Weichselbaum) Mig.
» coli (Escherich).
» pestis (Kitasato-Yersin).
» murium.
» suipestifer (Kruse).
» radicicola (Beyerinck).
» azureus (Zimmermann).
» Zenkeri (Hauser).
» subflavus (Zimmermann).
» ochraceus (Zimmermann).
» villosus (Tataroff) Mig.
» prodigiosus (Ehrenberg) Flügge.
» Kiliensis (Lehmann-Neumann) Mig.
» pseudoruber (Zimmermann) Mig.

Gattung Pseudomonas.

Pseudomonas fluorescens (Flügge) Mig.
» cyaneo-fluorescens (Zangenmeister) Mig.
» alba (Zimmermann) Mig.
» tenuis (Zimmermann) Mig.
» Eisenbergii.
» syncyanea (Ehrenberg) Mig.
» erythrospora (Cohn) Mig.
» aeruginosa (Schröter) Mig.

3. Spirillaceae.

Gattung Mikrospira.

Mikrospira Comma (Koch) Schröter.
» danubica (Heider) Mig.
» Metschnikovi.
» Finkleri (Schröter).

Digitized by Google

	Mikrospira Deneke.
	» saprophytica.
Gattung Spirillum.	
	Spirillum tenue (Ehrenberg).
	» serpens.
	» Undula.
	» volutans (Ehrenberg).
II. Thiobacteria.	Beggiatoa alba.

Aufser den angeführten wurde noch eine grofse Anzahl von Bakterien aus Aufgüssen auf Heu, Stroh, faulendes Fleisch, Reis, sowie von Boden- und Wasserbakterien, die nicht bestimmt wurden, im ganzen also wohl an 150 verschiedenen Arten, untersucht, die unterschiedlichen Formen sog. Varietäten, deren von einzelnen, z. B. Bacterium radicosum, mehrere einbezogen wurden, nicht gerechnet. Aufserdem gelangten auch einige Schimmelpilzarten zur Beobachtung.

Die Resultate, zu welchen ich gelangt bin, sind die nachfolgenden.

Die Differenzen, denen ich an fixierten Präparaten begegnete, fand ich bei den in vivo tingierten Bakterien wieder.

Eine Ausnahme scheinen die Coccaceen zu bilden, indem man bei denselben zumeist nur ein Körnchen in einem Individuum vorfindet. Diese Ausnahme ist jedoch nur scheinbar, da auch bei Kokken und Sarcinen zwei, drei, ja auch mehrere Körnchen in einem Individuum — wenn auch selten — vorkommen können. Im allgemeinen scheinen diese, mit multiplen Körnchen bedachten, Individuen etwas gröfser zu sein, doch ist dies nicht immer der Fall.

Über die Lagerung der Körnchen in den Kokken wird noch später die Rede sein.

Viel interessanter als bei den Coccaceen sind die Strukturverhältnisse bei den Bacteriaceen und Spirillaceen. Es ist überraschend, zu sehen, was für eine Mannigfaltigkeit der Bilder sich bei denselben dem Auge darbietet.

Man mufs im grofsen und ganzen bei denselben zwei Gruppen unterscheiden. Bei der einen erscheint die Struktur einfacher, bei der anderen kommt es auch zu komplizierten Strukturen. Zwischen beiden Gruppen existieren Übergänge.

Digitized by Google

Als typisches Beispiel der ersten Gruppe würde ich Bacterium margarittaceum Mig. (Fig. 16 Taf. II) hinstellen; als Regel gilt zwar auch hier, dafs mit zunehmender Gröfse auch die Anzahl der Körnchen zunimmt, doch bleibt das gegenseitige morphologische Verhältnis derselben ganz einfach. Die Körnchen liegen nämlich so wie bei den Coccaceen isoliert in einem schwach blau tingierten homogenen oder zart gekörnten Plasma, und zwar entweder frei oder der Membran anliegend. Ähnliche Verhältnisse zeigt Bacillus sulcatus (Taf. II Fig. 14), Bacterium rhinoscleromatis, Bacterium amethystinum, Bacillus coli, Pseudomonas aeruginosa und viele andere.

Bei der anderen Gruppe zeigt sich dieses Strukturbild noch durch andere kompliziert. So sieht man bei Bacterium anthracis neben den isolierten Körnchen auch öfter solche, die feine Ausläufer zeigen; sodann längere Fäden, welche vollgepfropft sind mit kleinen, oft punktförmigen Körnchen, schliefslich kann man auch den schönsten Netzstrukturen begegnen, in welchen die Körnchen die Berührungspunkte der Netzbalken markieren (Taf. II Fig. 2).

Ähnliche Formen gelangen auch bei Bacillus subtilis zur Beobachtung, ja es kann die Mannigfaltigkeit bei demselben noch gröfser sein. Neben Stäbchen mit einzelnen isolierten, regelmäfsig oder unregelmäfsig angeordneten Körnchen erscheinen hier auch solche, bei denen das in Analogie mit den färbbaren Körnchen stark tingierte Plasma der Membran in unregelmäfsigen Schollen anliegt, oder aber zeigt sich in längeren Stäbchen eine äufserst feinmaschige und feinbalkige Fadenstruktur. Manchmal wird dieselbe gröber und hat dann das Aussehen einer wabigen Struktur, in welche keine Vacuolen eingelagert sein können. In diesen Vacuolen und aufserhalb derselben, jedoch scheinbar ohne engeren Zusammenhang mit den Wabenwänden können vereinzelte, isoliert liegende oder der Membran anliegende, durch ihre starke Färbung gut hervortretende Körnchen beobachtet werden. Ein anderes Stäbchen findet man wieder gänzlich durch Zwischenwände in zusammenhängende Abteilungen zerlegt, die in dem schwach blau gefärbten Plasma

Digitized by Google

keine weitere Struktur aufweisen. Weiterhin kann man Fäden sehen, deren Inhalt zum Teile aus unregelmäfsig angeordneten Körnchen verschiedener Gröfse zusammengesetzt ist, zum Teile in durch Zwischenwände gut abgegrenzte Abteilungen geteilt ist, welche je ein, zwei oder mehrere Körnchen enthalten können. Stäbchen mit Andeutungen von Netzstrukturen sind bei Bacillus subtilis ebensowenig selten wie solche mit gut ausgebildeten, sich deutlich hervorhebenden Netzwerken. (Taf. II Fig. 3.)

Aufser den eben geschilderten findet man bei den beiden letztgenannten Bacteriaceen zuweilen auch noch das nachfolgende Strukturbild. Dasselbe tritt hauptsächlich bei längeren Fäden in Erscheinung. Man findet die einzelnen Stäbchen entweder nur durch Zwischenwände abgeteilt oder aber dieselben bereits mehr auseinander gerückt; in einzelnen Stäbchen kann man sodann ein centrales, in der Längsachse des Stäbchens gelegenes dunkelgefärbtes Stäbchen bemerken. Dieses Bild entspricht den Schilderungen von Schottelius[1]), der es als Bakterienkern deutete, und ist bei Bacterium anthracis von R. Klett[2]) als konstant beschrieben worden. Ich möchte hervorheben, dafs ich dieses Gebilde nur höchst selten in jener Regelmäfsigkeit der Ausbildung, wie sie von Klett abgebildet wird, gesehen habe. Überwiegend fand ich ein ziemlich unregelmäfsiges Aussehen der betreffenden Gebilde. Sie laufen gewöhnlich an einem Ende spitz aus, während das andere kolbig verdickt erscheint, oder sie bestehen aus zwei endständigen Kolben, die sich gegen die Mitte zu verdünnen. Sie erscheinen auch sonst verschiedenartig gekrümmt und manchmal hat es den Anschein, als ob sie aus zusammengebackenen Körnchen bestehen würden. Ich habe sie fast nur in alten Kulturen gesehen und hatte dann stets den Eindruck, als wenn es sich hierbei um Schrumpfungsvorgänge handeln sollte. Ich lasse dahingestellt, ob diese Schrumpfung die Membran oder einen Teil des Plasmas betrifft; sehr oft liegen

1) Schottelius, Beobachtung kernartiger Körper im Innern von Spaltpilzen. Centralbl. f. Bakteriol., IV, 1888.

2) R. Klett, Beitrag zur Morphologie des Milzbrandbacillus. Inaug.-Dissertat., Giefsen 1894.

Digitized by Google

diese Gebilde an der Peripherie der Stäbchen, die sie schraubenförmig umwinden. In lebenskräftigen Individuen, z. B. in Präparaten, die aus dem Blute an Anthrax verendender Tiere verfertigt wurden, habe ich sie fast nie gesehen. Manchmal erscheinen sie freilich auch in einer Form, die sich nur schwer mit Artefakten vereinigen liefse und sehr an die Centralkörper Bütschlis erinnert (Fig. 2, Taf. II). Solche Formen mag Klett im Sinne gehabt haben.

Bei Bacillus mycoides kann man wiederum (Taf. II, Fig. 4) den früher geschilderten ganz analoge Bilder sehen. Nur scheint manchmal die Neigung zur Bildung von Netzstrukturen bei einzelnen Lebensformen dieses Bacillus etwas ausgesprochener zu sein. Etliche Male habe ich hier ein Bild gesehen, das nachfolgend aussah: Der Bacillus erschien durch seine Zwischenwände geteilt, und an jeder derselben safs etwas seitwärts von der Längsmittellinie ein gut kenntliches Körnchen. In den mit isolierten Körnchen bedachten Stäbchen waren dieselben manchmal zu gröfseren Häufchen angesammelt, zwischen welchen strukturloses Plasma zu liegen schien.

Sehr interessant gestalteten sich die von mir beobachteten Strukturverhältnisse des Bacterium radicosum (Taf. II Fig. 7), von welchem ich zahlreiche, dem Boden entstammende Formen zu studieren in der Lage war. Bei manchen derselben überwogen jene einfachen Strukturverhältnisse, die durch das Vorhandensein einzelner weniger Körnchen in jedem Individuum charakterisiert sind. Die Körner sind gewöhnlich an den Polen gelagert, oder es befindet sich, jedoch ziemlich selten, ein centrales Korn im Stäbchen. Diese Verhältnisse sind jedoch keine konstante Erscheinung, und habe ich sie öfter an lange im Laboratorium gezüchteten, als an lebenskräftigen, der ersten Plattengeneration entnommenen Individuen gesehen. An diesen überwiegen Strukturen, wie sie in Fig. 7 Taf. II abgebildet sind. Es zeigt sich wiederum eine grofse Variabilität in der Anzahl und Anordnung der Körnchen in einzelnen Individuen. Wiederum sieht man neben körnchenarmen Stäbchen solche mit einer grofsen Anzahl derselben, wiederum sieht man grofse Körnchen neben kleinen,

Digitized by Google

ja selbst unregelmäſsige Schollen, wie ich sie z. B. analogerweise auch bei Oidium aus menschlichem Darminhalte in meiner öfter erwähnten vorläufigen Mitteilung abgebildet habe. Natürlich begegnet man auch verschiedenartigen Netzstrukturen.

Bei Bacillus typhosus (Taf. II, Fig. 12) fand ich bei den kleinen Formen, wie man sie bei Züchtung auf Gelatine erhält, nur wenige Körnchen, die verschieden gelagert waren, zumeist jedoch endständig. Die langen, bei Züchtung auf der Kartoffel zu Tage tretenden Formen sah ich jedoch vollgepfropft von winzigen Körnchen. Doch kamen neben diesen die körnchenarmen Stäbchen auch auf der Kartoffel vor.

Prachtvoll waren die Bilder, die sich an groſsen, einem faulenden Wasser oder einem Strohaufgusse entstammenden Spirillen erhielt. Es waren zumeist Spirillum Rugula, Undula und volutans. Neben den Körnerstrukturen zeigten sich hier auf das herrlichste die mannigfaltigsten Netzstrukturen, von den feinsten, kleinmaschigsten Fädenwerken ohne jegliche Andeutung von Körnchen bis zu groben Gebälken, bei denen die Körner zum Teil frei in den Maschen lagen, zum Teil die Punkte bezeichneten, in welchen mehrere Balken zusammenstieſsen, und bis zu den deutlichsten Wabenstrukturen (Taf. II, Fig. 20). Solche hat Zettnow[1]) bei Spirillen als Absterbebilder gedeutet; wie ich mich überzeugen konnte, mit Unrecht. Die von mir gesehenen Spirillen, welche diese Struktur aufwiesen, waren noch lange nachher beweglich und lebend.

Ein wunderbar gleichmäſsig ausgebildetes polygonalmaschiges Netz erhielt ich von einem Bacillus aus Sumpfwasser (Taf II, Fig. 22a). Aus demselben Wasser stammen die kleinen Bacillen (Fig. 22b), bei welchen das verhältnismäſsig groſsmaschige Netz mit den eingewobenen ziemlich groſsen Körnern deutlich um die Peripherie des Bacillus gesponnen war. In Fig. 18 Taf. II ist eine Spirille abgebildet, welche quergespannte Fäden oder Zwischenwände neben groſswabigen Strukturen dem Auge bietet.

Beggiatoa (Taf. III Fig. 31, 1, 2) erscheint als ein ungeteilter Faden, bei welchem in einer farblosen Hülle längere oder

1) Zettnow, Centralbl. f. Bacteriol., 1896.

Digitized by Google

kürzere Abteilungen einer durch das Methylenblau gefärbten Substanz erscheinen. In dieser sind hie und da auch dunkler gefärbte Körnchen eingestreut (z. B. bei α, β, ε); sonst findet man zahlreiche, unregelmäfsig hingeworfene, innerhalb oder auch aufserhalb der blau gefärbten Plaques, also in der Scheide befindliche Schwefelkörner.

Analog wie die Bakterien verhalten sich, was die Struktur anbelangt, die von mir zum Vergleiche herangezogenen wenigen Hyphomycetenarten (Taf. III Fig. 25—29). Auch hier sieht man entweder reine Körnchenstrukturen oder reine Netzstrukturen (Fig. 27 c) oder schliefslich Bilder, welche Übergänge zwischen diesen beiden Typen darstellen.

Hervorgehoben mufs werden, dafs sowohl bei einzelnen Bakterienarten (Taf. II Fig. 13 a) als auch bei einzelnen Hyphomyceten Taf. III Fig. 27) Fälle vorkommen, in welchem die zur Struktur gehörigen Körner sich nicht nur innerhalb des Individuums befinden, sondern sich auch stark aus seiner Membran hervorwölben, ein Umstand, der auch von Ernst[1]) bemerkt worden ist. Eine analoge Erscheinung kann auch an den Körnchen des strömenden Protoplasmas in den Pseudopodien von Gromia oviformis beobachtet werden, von denen manche des öfteren auch über den Rand des Ausläufers herausragen. Auch Bütschli bildet analoge Verhältnisse vom Kerne des Dileptus Anser ab.[2])

Desgleichen mufs ich betonen, dafs selbst in den körnchenreichsten Arten von Bakterien Individuen vorkommen, die vollkommen strukturlos erscheinen. Auch dies hat schon Ernst[1]) beobachtet.

Fasse ich nunmehr meine obencitierten Beobachtungen zusammen, so mufs ich vor allem bei der auffallenden Mannigfaltigkeit verweilen, welche uns bezüglich der inneren Struktur durch Verwendung der vitalen Methylenblaufärbung aufgethan wird. Einschlägige Verhältnisse hat auch Ernst in einer verdienstvollen Arbeit[1]) beschrieben und abgebildet, ohne sich jedoch weiter über dieselben aufzuhalten und ihnen weiter nachzugehen.

1) Ernst, Üb. d. Bau der Bakterien. Centralbl. f. Bakt., 1902, II. Abt.
2) Bütschli, Protozoa in Bronns Tierreich. Infusoria. Tafel LIX. 4. d.

Digitized by Google

Im Gegenteil glaubt er die sich ergebenden morphologischen Differenzen im Sinne einer differenzialen Diagnostik der einzelnen im äufseren Bau oft zum Verwechseln ähnlichen Bakterien verwerten zu können. Aus meinen Beobachtungen dürfte sich wohl ohne Zweifel ergeben, dafs diese Hoffnung eine verfrühte war. Ich konnte nämlich beobachten, dafs nicht nur die Individuen verschiedener Arten Schwankungen ihrer Struktur aufweisen, sondern dafs dies selbst bei den einzelnen Individuen derselben Art der Fall zu sein pflegt und dafs diese Strukturschwankungen in Änderungen begründet sind, welche in ihrem Wesen unserer Forschung bisher nicht zugänglich sind.

Schon in einem frühen Stadium meiner Arbeit konnte ich nämlich ausschliefsen, dafs die Strukturvariationen irgendwie mit dem Alter der Kultur zusammenhängen würden. Man findet dieselben sowohl in jungen, als auch in alten Kulturen. Deshalb können die färbbaren Körnchen auch nicht Ausdruck einer Degeneration der Bakterien sein, wie Podwyssozki[1]) vermutet hat. Marx und Woithe[2]), welche in lange gezüchteten Bakterien weniger Körnchen vorfanden als in frisch gezüchteten und frisch überimpften; in Bakterien, deren Pathogenität abgenommen hat, weniger, als in voll virulenten, deuteten diese Beobachtung in dem Sinne, dafs die körnchentragenden Individuen die arterhaltenden und lebensfähigsten der Kultur sind. Indessen ist von Krompecher[3]), Schumburg[4]) der Nachweis geliefert worden, dafs das Auftreten und die Menge der Körnchen mit der Virulenz der Bakterien und der Schwere des klinischen Verlaufes bei Wundinfektionen nicht immer Hand in Hand geht. Desgleichen mufs ich darauf aufmerksam machen, dafs man selbst bei Bakterien, die in ihren natürlichen Verhältnissen leben,

---

1) Podwyssozki, Zur Morphologie der Choleravibrionen. Centralbl. für allgem. Pathologie, Nr. 17, 1893.

2) Marx und Woithe, Morphol. Untersuch. zur Biologie der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., 1900.

3) Krompecher, Untersuch. über das Vorkommen metachromat. Körnchen etc. Centralbl. f. Bakteriol., 1901, Nr. 10/11, I. Abt.

4) Schumburg, Die Beziehungen der Babes-Ernstschen Körperchen zu der Virulenz der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., 1902.

Digitized by Google

z. B. bei solchen aus Stroh- oder Heuaufgüssen in der Anzahl der Körnchen beträchtliche Unterschiede vorfinden kann, ohne behaupten zu können, dafs die einen lebensfähiger wären als die anderen. Wohl scheint es, dafs die Anzahl der färbbaren Körnchen in einem direkten Verhältnisse steht zu dem Grade der Ernährung, wie auch Wahrlich[1]) in dem Satze ausgesprochen hat: »Die Bakterien besitzen umsomehr Chromatin, je günstigere Lebensbedingungen sie finden, je energischer sie wachsen und je mehr sie sich vermehren.« Das Verhältnis zwischen Körnchenzahl und Ernährung kommt jedoch meiner Ansicht nach doch nur mehr indirekt zu stande, indem bei besserer Ernährung die Dimensionen der Bakterien im allgemeinen zunehmen, und eben die grofsen, langen Formen an färbbaren Körnchen reicher erscheinen. In dieser Beziehung kann ich besonders auf meine Abbildungen Taf. II Fig. 12 (Bacillus typhosus) und 24 (Microspira Comma) hinweisen. Sehr überzeugend sind nach dieser Richtung hin die vom. sog. Micrococcus viticulosus erhaltenen Bilder. Diese, mit einer bedeutenden Polymorphie ausgestattete Bacteriacee wächst nämlich von ganz kleinen, mikrococcenähnlichen Formen (Taf. II Fig. 5b) bis zu sehr langen Fäden aus. Während aber die kleinen Formen nur je ein oder zwei Körnchen enthalten, befindet sich in den lang ausgewachsenen Fäden eine grofse Anzahl derselben. Verfolgt man nun den »Zerfall« dieser langen Fäden in die kleinen Formen, so kann man beobachten, wie je nach der Länge der abgeteilten Stäbchen auch die Anzahl der in denselben enthaltenen färbbaren Körnchen variiert und zwar so, dafs die längeren gewöhnlich mehr Körnchen enthalten als die kleinen. Selbst bei derjenigen Bakteriengruppe, welche durch Armut an den färbbaren Körnchen ausgezeichnet ist, kann man diesen Zusammenhang beobachten, wie aus Fig. 10 auf Taf. II, welche den Bacillus mesentericus vorstellt, entnommen werden kann. Wenn es nun also als wahrscheinlich gelten kann, dafs die Anzahl der färbbaren Körnchen mit der Gröfse der sie enthaltenden

1) Wahrlich, Bakteriologische Studien I. Zur Frage über den Bau der Bakterienzelle etc. Scripta botan. horti bot. St. Petersburg, 1890/91.

Digitized by Google

Individuen in einer nahezu geraden Proportion steht, so kann man sie — zumindest die gröfste Mehrheit derselben — trotzdem keineswegs etwa für aufgespeicherte Nährstoffe halten. Denn, wie ich ja bereits hervorgehoben habe, kommen selbst in den natürlichsten Verhältnissen Bakterien vor, die sich zweifellos in gutem Ernährungszustande befinden und trotzdem keine Spur von einem Körnchen aufweisen (Taf. II Fig. 18), auch kann man lange Fäden beobachten, die gar kein Körnchen enthalten (Taf. II Fig. 3 a). Schliefslich kann man aber an den färbbaren Körnchen vitale Vorgänge beobachten, welche jeden Zweifel über die wahre Natur dieser Gebilde ausschliefsen. Bei Beobachtung dieser Vorgänge zeigt sich der wahre Wert der vitalen Methylenblaufärbung, denn ohne dieselbe wäre es aufserordentlich schwierig, wenn nicht ganz unmöglich, dieselben zu verfolgen.

Es zeigt sich also vor allem, dafs die betreffenden Körnchen keine toten Reservestoffe darstellen, sondern dafs sie leben, denn sie führen mitunter ziemlich komplizierte Bewegungen aus. Schon Ernst hat beobachtet, dafs sie sich auf relativ bedeutende Strecken hin und wieder zurück bewegen. Dabei führen sie rotierende und tanzende Bewegungen aus und kehren gelegentlich in ihren Ruhestand zurück, indem sie sich unter andere ruhende festsetzen oder an die Membran anlegen. Die Bewegung ist eine aktive, völlig verschiedene von der Brownschen Molekularbewegung.

Dafs es sich bei den färbbaren Körnchen thatsächlich um Manifestationen von Lebensvorgängen handelt, kann ich auch noch durch andere Beobachtungen erhärten. Im nachfolgenden beziehe ich mich auf Beobachtungen, welche ich an einigen Schimmelpilzarten gemacht habe, die ich jedoch auch bei Bakterien anzustellen des öfteren Gelegenheit hatte. Wenn ich hier die an Schimmelpilzen gemachten anführe und abbilde, so thue ich dies nur aus dem Grunde, weil sich mir bei denselben die betreffenden Vorgänge viel zugänglicher erwiesen und daher auch von anderen leichter kontrolliert werden können.

Taf. III Fig. 25 zeigt uns einige der Metamorphosen, welche die färbbaren Körner erleiden können. Die Beobachtung betrifft

Digitized by Google

einen rötlichen Schimmelpilz, welcher dem Boden entstammte. Der bei 1 abgebildete Teil einer Hyphe zeigt in seinem Innern neben Vacuolen noch Körner von verschiedener Gröſse und Färbung. Bei einzelnen der letzteren zeigt sich eine Metachromasie, indem einzelne Körner einen deutlich rötlich-violetten Ton zu erkennen geben, obwohl dem Präparat nur sehr verdünnte Methylenblaulösung zugesetzt war. Andere Körnchen sind dunkelblau, andere wieder ganz farblos. In 2 und 3 sind nur jene Teile der Hyphe abgebildet, in welchem sich die zu beschreibenden Veränderungen abgespielt haben. Um zu denselben zu übergehen, so sieht man, wie bei 2 abgebildet ist, daſs vor Allem die Vacuolen verschwunden sind, und einer auch sonst die Individuen ausfüllenden, sich lichtblau tingierenden Masse Platz gemacht haben. Im untersten (im Sinne der als Projektion ausgeführten Zeichnung) Teile befanden sich in 1 zwei dunkelblaue Körnchen; dieselben teilten sich plötzlich und sehr rasch in eine Reihe ebensolcher, nur kleinerer Körnchen, während zugleich in deren Umgebung ein Saum von arkadenförmigen Fäden sich bildete, der an den sich verjüngenden Enden undeutlich, in der Mitte aber auſserordentlich scharf ausgeprägt war. In 1 befand sich in der groſsen Vacuole des untersten Teiles der Hyphe ein gröſseres metachromatisches Korn neben zwei kleinen dunkelblau gefärbten. Sie zeigten träge Beweglichkeit. Nachdem die Vacuole verschwunden ist, flieſsen mit einem Male die zwei kleinen Körnchen zu einem gröſseren zusammen, das sich jedoch metachromatisch zeigt, während die ursprünglichen Körnchen es nicht waren; das gröſsere Korn vergröſsert sich augenscheinlich. In der anstossenden Hyphenabteilung gehen analoge Veränderungen vor sich. Auch hier verschwindet die Vacuole, einzelne dunkelblau gefärbte und auch farblose Körnchen werden undeutlicher und verschwinden schlieſslich, andere vereinigen sich zu einem gröſseren metachromatischen Korne; das vorher in der Vakuole gelegene, bewegliche Korn vergröſserte sich. In seiner Umgebung, in der früher ein farbloses und ein dunkelblau tingiertes Körnchen lagen, tritt später eine feinkörnige, dunkler als das übrige Plasma gefärbte Masse auf, die sich an

Digitized by Google

einzelnen Stellen zu Körnchen zu verdichten scheint. Auch in dem untersten Teile der Hyphe ruhten unterdessen die Änderungen nicht. Die arkadenförmigen Fäden wurden stellenweise deutlicher, stellenweise blieben sie undeutlich oder wurden noch undeutlicher als früher, das vor Kurzem in der Mitte derselben gelegene Körnchen machte vor meinen Augen rasch eine Zweiteilung durch, das grofse metachromatische Korn vergröfserte sich auffallend und sehr rasch. (Fig. 25, 3.) Leider mufste ich an dieser Stelle die Beobachtung unterbrechen. Doch konnte ich ähnliche Beobachtungen oft, sowohl an Schimmelpilzen, als auch an Bakterien — besonders bei den grofsen Formen, z. B. Bacterium radicosum, Bacterium anthracis — anstellen. Sie geben uns ein deutliches Bild von der Wandelbarkeit der im Bakterieninhalte enthaltenen Körnchen.

Ich habe das Verschwinden und Wiederauftreten von solchen Körnchen geschildert. Es ist selbstverständlich, dafs ich bei diesen Beobachtungen stets das ganze Individuum durchsuchte und mich in jedem Falle durch Senken und Heben des Tubus mit der Mikrometerschraube überzeugt habe, ob das beobachtete Gebilde nicht etwa nur aus meinem Gesichtskreis durch Übertreten in eine andere Ebene entschwunden ist, so dafs jede Täuschung ausgeschlossen war. Ich konnte ganz bestimmt das gänzliche Verschwinden einzelner Körner sowie das Auftreten derselben an Stellen beobachten, an welchen sich vorher keines befand.

Was das Verschwinden der durch das Methylenblau gefärbten Körnchen betrifft, so schien der Einwand naheliegend, dafs es sich bei denselben um Abblassen des Blaus durch Reduktion infolge von vitalen Prozessen handle, durch welches die vorher blau tingierten Körnchen abfärbten und dadurch unsichtbar würden. Dieser Einwand ist jedoch leicht zu entkräften. Erstens sind ja die nichtgefärbten Körnchen neben den gefärbten ganz gut sichtbar; zweitens aber mufste ja eben an den Stellen, die sich mit dem Methylenblau färbten, eine andere stoffliche Zusammensetzung herrschen als an den von ihm nicht gefärbten, es mufste an denselben eine Differenzierung vor sich gegangen sein, welche

Digitized by Google

die Färbung ermöglichte, da sich ja die letztere sonst ebenso wie an den ungefärbten Nachbarstellen eben nicht eingestellt hätte.

Um die Wandelbarkeit der Körnchen des Bakterieninhaltes zu verstehen, mufs man sich Nachstehendes vergegenwärtigen.

Bei dem Studium der Bakterienstruktur hat man bisher ungenügend die Fragen auseinandergehalten: wie ist die Struktur des Bakterienkörpers beschaffen? ist die Bakterie eine Zelle oder nicht? indem man oft annahm, dafs die Beantwortung der letzteren eine direkte Konsequenz der Beantwortung der ersteren ist, was jedoch keineswegs der Fall zu sein braucht. Dies hängt auch mit der Frage des Zellkernes bei Bakterien zusammen. Ohne vorläufig auf dieses interessante Problem des Näheren einzugehen, möchte ich nur darauf hinweisen, dafs eine unvoreingenommene Forschung zu erwägen hat, dafs die Bakterien, ob Zelle oder nicht, doch aus lebender Substanz bestehen und dafs eine morphologische Struktur der letzteren wahrscheinlich ist. Daher ist die Frage der Bakterienstruktur im Sinne der Protoplasmastruktur der Lösung näher zu bringen.

Im vorhergehenden ist gezeigt worden, dafs die Struktur der Bakterien eine grofse vitale Wandelbarkeit zur Schau trägt. Selbst einzelne Individuen derselben Art können meinen Beobachtungen gemäfs die verschiedensten Strukturen zu erkennen geben. Nicht genug daran; ich habe auch gezeigt, dafs selbst die Strukturelemente, die färbbaren Körnchen, grofsen vitalen Wandlungen unterworfen sind. Wenn durch dieselben zum Teil die Mannigfaltigkeit der Strukturen bei den Angehörigen derselben Art erklärt werden kann, so kann ich aufserdem auch noch auf einige weitere Beobachtungen von mir hinweisen, nach welchen selbst reinfädige Strukturen sich total verändern können. Ich beobachtete nämlich bei einer grofsen Spirille aus Strohaufgufs quer zum Längsdurchmesser gestellte Fäden (vielleicht Projektion von Zwischenwänden). Auf einmal entstand aus denselben eine wabige Struktur (Fig. 18α, β). Ein andermal sah ich bei demselben Organismus die Umwandlung einer wabigen Struktur in eine Reihe quergestellter Fäden (Zwischenwänden) (Fig. 18, 1, 2).

Digitized by Google

Ich glaube daher folgern zu dürfen, dafs die Strukturfäden den Strukturkörnern mit Bezug auf die Wandelbarkeit analog sind. Gewifs kann man diese Folgerung auch auf die aus Fäden und Körnern zusammengesetzten Strukturen ausdehnen, zumal man manchmal thatsächlich beobachten kann, wie ein Körnchen fädige Ausläufer hervorbringt. Da man weiterhin selbst bei solchen Bakterienarten, welche die kompliziertesten Strukturen hervorbringen, des öfteren lebende Individuen vorfinden kann, die blofs aus einer homogenen oder äufserst feinkörnigen Masse zu bestehen scheinen, so ist jedenfalls auch der Schlufs nicht unwahrscheinlich, dafs eine Umwandlungsfähigkeit dieser Masse in die obenerwähnten Strukturelemente nicht ausgeschlossen werden kann.

Kurz, man mufs, meinen Beobachtungen gemäfs, als feststehend betrachten, dafs das Protoplasma der Bakterien in seinen morphologischen Strukturverhältnissen bedeutender Schwankungen fähig ist.

Es ist naheliegend, diese Thatsache mit dem jeweiligen Zustande des Protoplasmas in Zusammenhang zu bringen. Ich kann diese Vermutung sogar durch einige direkte Beobachtungen stützen, welche auf das Vorkommen chemischer Umwandlungen im Protoplasma hinweisen.[1]) Es kann ja jedenfalls nicht ausgeschlossen werden, dafs solche chemische Umwandlungen auch zu Umwandlungen der morphologischen Struktur Anlafs geben könnten. Dafs aber chemische Unterschiede im Protoplasma der Bakterien thatsächlich bestehen, ist bereits aus der Beobachtung von Ernst zu ersehen, dafs in demselben neben den gefärbten auch ungefärbte Körnchen zu gleicher Zeit vorkommen können, eine Beobachtung, die ich vollauf bestätigen mufs. Ich habe jedoch bereits angegeben, dafs die Färbung der Körnchen nicht gleichmäfsig blau zu sein braucht, sondern dafs an einzelnen derselben auch Metachromasien zu Tage treten können, welche von der verschiedenen chemischen Zusammensetzung der Körnchen Zeugnis ablegen.

1) Eine hierauf bezügliche ausführlichere Arbeit hoffe ich nächstens publizieren zu können.

Digitized by Google

Wie kompliziert sich diese Unterschiede zuweilen gestalten können, ersieht man aus dem Umstande, dafs einzelne Körnchen einer Bakterienart rotviolette Färbung annehmen können, während sich die Körnchen anderer Stäbchen derselben Art entweder einzeln oder auch insgesamt blaugrün tingieren. Postmortale Färbungsänderungen oder Eingriffe, welche den Färbungston zu beeinflussen geeignet wären, sind natürlich bei diesen Beobachtungen ausgeschlossen, stets wurde ceteris paribus gearbeitet. Zusammen in einem Stäbchen habe ich die rote und grüne Nuance nie gesehen; desgleichen auch nie einen Übergang der einen in die andere. Die grüne gelangt nur selten zur Beobachtung. Den Übergang sowohl der roten als auch der grünen Nuance in die regelrechte blaue oder das gänzliche Verschwinden derselben aus einzelnen Körnern habe ich mehrere Male konstatieren können. Auch kommt es vor, dafs ganze, durch Scheidewände abgeteilte Stücke von Bakterien metachromatische Tinktionsunterschiede zu erkennen geben. (Tafel II Fig. 17.)

Es kann also geschlossen werden, dafs sich im Protoplasma der Bakterien nicht nur in der morphologischen Struktur, sondern auch in der chemischen Zusammensetzung desselben während des Lebens namhafte Veränderungen vollziehen. Zugleich ist ersichtlich, dafs wir — wie meine Beobachtungen zeigen — in der vitalen Methylenblaufärbung einen vorzüglichen Indikator besitzen, der uns das Eintreten solcher Wandlungen anzeigt. Für die Thatsache der Schwankung der chemischen Zusammensetzung des Protoplasmas während des Lebens wurde durch diese meine Beobachtung — soviel mir bekannt — zum ersten Male ein sichtbares Kriterium erschlossen.

Aus meinen Beobachtungen ergeben sich auch einige für die allgemeine Biologie wichtige Resultate.

Es besteht das historisch nachweisbare Bestreben, die Protoplasmastrutur einheitlich aufzufassen, ein allgemeingültiges Schema derselben zu konstruieren, und die sonstigen als Protoplasmastrukturen gedeuteten Gebilde zu bestreiten. Drei Theorien stehen einander entgegen: die Netz-, Körner- und Wabenstruktur-

Digitized by Google

theorie. Dieses Bestreben, ein einheitliches Schema der Protoplasmastruktur aufzubauen, entspringt der Anschauung, dafs das Protoplasma eine biologische einheitliche Substanz darstellt.

In neuester Zeit macht sich dem entgegen die Anschauung geltend, dafs das Protoplasma aus einer Reihe lebender Substanzen, die sozusagen in Symbiose zusammenwirken, bestehe. Dem entsprechend wird auch die Protoplasmastruktur anders aufgefafst und die Coëxistenz aller drei Strukturformen zugegeben. So sagt F. Reinke[1]): »Ich sehe demnach gar nicht ein, weshalb man alle die Strukturverhältnisse nicht vollkommen ohne theoretische Voreingenommenheit nebeneinander als Thatsache gelten lassen will, wie das ja übrigens auch bereits vielfach geschieht. Wenn man die enorme Zahl der Leistungen des Protoplasmas in Betracht zieht, die wir kennen, und dazu noch addiert diejenigen, die wir nicht kennen, so kann man sich ja doch unmöglich darüber wundern, dafs wir für verschiedene Zwecke auch verschiedene Strukturverhältnisse finden.«

Ein direkter Beweis für diese Anschauungen ist jedoch nicht geliefert worden. Bei den Bakterien aber wird, wie meine oben citierten Beobachtungen zeigen, klar, worüber die Forscher an der Tierzelle bis jetzt nicht einig werden konnten, indem sie die ihren Präparaten abgerungenen Thatsachen in die Uniform von Schemen einzwängten, dafs nämlich die Protoplasmastruktur während des Lebens Schwankungen unterliegt, weil das Protoplasma und seine Differenzierungen lebend sind und alles Lebende Änderungen unterworfen ist. Alle drei Strukturformen sind also bei den Bakterien gleichwertig. Der Satz freilich, dafs das Protoplasma eine Reihe selbständig charakterisierter, symbionter lebender Substanzen darstelle, wird durch meine Beobachtungen nicht bestätigt, sondern im Gegenteil bekämpft, indem das Übergehen der einen Differenzierung des Protoplasmas in die andere den Beweis liefert, dafs das lebende Protoplasma eine biologisch einheitlich aufzufassende Substanz ist.

1) F. Reinke, Zellstudien II. Arch. für mikr. Anat., 1894.

Digitized by Google

II. Die Beteiligung der färbbaren Körnchen bei Teilungsvorgängen.

Viele Autoren haben die färbbaren Körnchen mit der Teilung des Bakterienkörpers in Verbindung gebracht, indem sie die Körner für Zellkerne ansahen. Bevor ich meine eigenen Beobachtungen mitteile, werde ich die Gründe anführen, welche die betreffenden Forscher zu dieser Anschauung bewogen haben. Vor allem wäre die Arbeit von Sjöbring (a. a. O.) zu citieren. Nach derselben lassen sich im Körper des Bacterium anthracis zwei Arten von Körnchen nachweisen, welche durch ihre Lage und ihr Verhalten den Farbstoffen gegenüber untereinander differieren. Die einen liegen fast stets an der Peripherie und zwar an der Innenseite der Membran und färben sich — bei Doppelfärbung mit Karbolmethylenblau und Karbolmagentarot — besonders intensiv mit dem letzteren. Sie sind in fast allen Stäbchen zu finden. Die anderen färben sich wiederum hauptsächlich mit Karbolmethylenblau, und sollen den Babes-Ernstschen Körnchen analog sein. Dieselben sind klein und liegen in einer glänzenden Masse. In ungefärbten Präparaten sind sie Vacuolen ähnlich. Sjöbring sieht sie als Kerne an. Ist nur ein solches Gebilde vorhanden, so ist dasselbe nach Sjöbring fast stets scharf kontourirt, »so, dafs man von einer Membran sprechen könnte.« Den Inhalt bildet eine schwach blau oder violett gefärbte Substanz, in welcher stark blau gefärbte Körnchen zumeist peripher, aber stets innerhalb derselben liegen. Einzelne Körnchen sind durch sehr feine Fäden verbunden. Nach Sjöbring gleicht dieses Bild vollkommen dem der aus der Histologie bekannten ruhenden Kerne. Das Protoplasma der Bakterien zeigt nach Sjöbring keine sichtbare Struktur, es ist schwach gelblich gefärbt und ziemlich stark lichtbrechend. Nie finden sich in demselben blau gefärbte Körnchen. Ganz ähnliche Verhältnisse wie bei den Anthraxbakterien konstatierte Sjöbring auch bei einem Vibrio, nur soll bei diesem die Beobachtung schwieriger sein. Auch die Befunde an Coccen sind nach Sjöbring völlig übereinstimmend; nur gelang es bei den letzteren, keine so charakteristischen Bilder der ruhenden Kerne zu erhalten. Die Annahme, dafs die von ihm für Kerne gehaltenen

Digitized by Google

Gebilde thatsächlich Kerne sind, stützt Sjöbring weiterhin durch eine Reihe von Bildern, die er als eine Art Karyokinese deutet.

Ich wollte mir die Mühe nehmen, die Angaben von Sjöbring zu kontrollieren. Da er jedoch seine Präparationsmethode, von welcher er selbst zugibt, sie »noch nicht vollkommen in der Hand« zu haben, nur sehr ungenau angibt[1]), indem er über die Konzentrationen und Einwirkungsdauer der Fixier-, Färbungs- und Abfärbungsmittel überhaupt keine Angaben macht, so bin ich nach mehreren fast fruchtlosen Versuchen, angehende Präparate zu erhalten, von jeder weiteren Kontrolle abgestanden. Das, was ich jedoch zu sehen bekam, erhärtete das bereits vom Ansehen der Sjöbringschen Bilder gewonnene Urteil, dafs es sich bei denselben um Artefakte handelt, die wahrscheinlich durch Einwirkung der bei Sjöbrings Methode erst als Fixier- und dann auch als Abfärbemittel verwendeten Salpetersäure entstanden sind. Nur manchmal erhält man einzelne Stäbchen, die besser erhalten sind, aber dann in ihrem Inneren auch nur das gewohnte, wenngleich sehr verzerrte Bild vereinzelter Körner zeigen. Nie sah ich aber von einer Membran abgegrenzte Körner, wie dies Sjöbring abbildet. Auch mufs ich darauf hinweisen, dafs Sjöbring bei Coccen keine »charakteristische ruhende d. h. mit Netzstruktur versehene« Kerne erhalten konnte, was ganz verständlich erscheint, wenn man sich der von mir oben gemachten Angabe erinnert, dafs die Coccen in überwiegender Mehrheit nur ein Körnchen enthalten. Was aber seine karyokinetischen Bilder betrifft, so mufs, selbst wenn man mit Sjöbring annimmt, dafs es wirklich karyokinetische Bilder und nicht Schrumpfungsbilder sind, darauf hingewiesen werden, dafs unter denselben das wichtigste, dasjenige der Metakinese nämlich, nicht abgebildet wird. Sjöbring gibt zwar an, dafs dies nur zufällig ist; die Metakinese wäre in den diesbezüglichen Präparaten unschwierig aufzufinden. Bei der Wichtigkeit der Sache ist der Einwand, dafs es also leicht gewesen wäre, dieselbe abzubilden, gewifs nicht kleinlich. Meiner Ansicht nach lassen sich aber

1) Seit dem Erscheinen seiner diesbezüglichen Publikation (1892) hat Sjöbring nichts weiteres über dieselbe verlauten lassen.

diese Bilder viel ungezwungener deuten, wenn man sie für Kunstprodukte ansieht. Die von Sjöbring mittels einer anderen Methode[1]) bei den Kokken gesehenen Bilder können zum Teile beobachtet werden. Zum Teile aber müssen auch sie auf die Präparationsweise zurückgeführt werden. Das einzige Thatsächliche, was meiner Anschauung gemäfs aus den Mitteilungen Sjöbrings zu entnehmen ist, wäre, dafs Körnelungen im Bakterieninhalte eine verhältnismäfsig leicht zu beobachtende Erscheinung sind.

Mit Teilungsvorgängen der Bakterien beschäftigt sich auch die Arbeit von Trambusti und Galeotti.[2]) An durch Austrocknung oder Salpetersäure fixierten, jungen Bouillonkulturen entstammenden Präparaten eines Wasserbacillus, die mit Anilinfarben oder auch anders gefärbt wurden, fanden diese Autoren wiederum Körnelungen. Da sie angeben, dafs sich mit dem von Ernst angewandten Verfahren nur einige Körnchen färben, so scheint es, dafs sie mit ihrem eigenen eine gröfsere Anzahl von Körnchenbildungen nachweisen konnten. Die im Bacillus enthaltenen Körnchen findet man nach Trambusti und Galeotti in einer bestimmten Entwickelungsperiode des Bacillus an der Peripherie desselben angeordnet. Später trennen sie sich jedoch von derselben und ordnen sich in Kranzgestalt mehr innen. Hierauf zeigen sie das Bestreben, zu confluieren; einige Körnchen vergröfsern sich, am meisten diejenigen, die an der Peripherie liegen. Sind die Kränze einmal ausgebildet, so soll sich das von ihnen eingeschlossene Plasma stärker färben als das übrige, aufserhalb der Kranzbildungen befindliche, doch entsprechen die Abbildungen der Autoren dieser Schilderung nicht. Nachdem diese Körnchen schliefslich ineinander geflossen sind, findet man im Bacillus 3—4 elliptische Kränze, die im Anfang zusammenhängen, später jedoch voneinanderrücken. Endlich kommt es zur Berstung des Bacillus, worauf die elliptischen Gebilde austreten. Nach dem Austreten färben sie sich sehr gut, nehmen Clostridiumform an und werden später wieder zu

1) Pikrin-Essigsäure-Karbolmethylenblau-Eosin.

2) Trambusti und Galeotti, Neuer Beitrag z. Studium d. inneren Struktur der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., Nr. 23, 1892.

Digitized by Google

Bacillen. Da ich diese Angaben mangels einer Kultur des betreffenden Bacillus zu kontrollieren nicht im stande war, so mufs ich mich darauf beschränken, hinzuweisen, dafs, soviel ich übersehen kann, wiederum das Hauptgewicht auf das Auftreten von Körnchenbildungen zu legen ist, weil die Bildung der elliptischen Kränze, welche von den Autoren als Kernteilungsfiguren angesprochen werden, von ihnen nicht direkt gesehen, sondern aus Bildern fixierter Objekte willkürlich zusammenkombiniert worden ist. Auch mufs hervorgehoben werden, dafs die von Trambusti und Galeotti beobachteten Gebilde von manchen Forschern, z. B. Migula[1]), für Kunstprodukte oder von Mühlschlegel[2]) für gefärbte Membranteile gehalten werden.

Was Migula über die Arbeit von Wager[3]), die mir im Originale nicht zugänglich war, anführt, genügt leider nicht, um zu erfahren, ob Wager die von ihm beschriebene Teilung von kernartigen, in dem von ihm untersuchten Bakterium enthaltenen Gebilden direkt gesehen oder nur aus gefärbten und fixierten Präparaten abgeleitet hat.

Wagner[4]) hat in seiner, auf einer komplizierten Präparationsmethode beruhenden Arbeit einzelne gute Beobachtungen gebracht, dieselben jedoch mit Deutungen verbunden, denen ich mich keineswegs anschliefsen kann. Indem er der Ansicht ist, dafs die langen Bakterienfäden aus kleinen, durch Zwischenwände abgeteilten und je ein Körnchen, das er für den Kern anspricht, enthaltenden Zellen bestehen, nimmt er auf Grund einer Reihe von Bildern, die er aus seinen Präparaten zusammengestellt hat, und welche die successiven Veränderungen des »Kerns« und des »Zelleibes« vorstellen sollen, an, dafs die Bakterien komplette Zellen sind. Von den photographischen Bildern, die er seiner Arbeit beifügt, mufs zugegeben werden, dafs sie sehr undeutlich

1) Migula, System der Bakterien, I. Bd., S. 77.

2) Mühlschlegel, Über die Bildung und den Bau der Bakteriensporen. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt., VI. Bd., 1900.

3) Wager, On a nuclear Structure in the Bacteria. Annal. of Botany, V, 1891.

4) Wagner, Coli- und Typhusbakterien sind einkernige Zellen. Centralblatt f. Bakteriol., XXIII, Nr. 11, 1898.

Digitized by Google

sind und vielerlei Deutung zulassen. Die Figuren auf Seite 438 scheinen stark schematisiert zu sein, und werde ich auf dieselben noch zurückkommen. Schliefslich mufs ich nochmals aufmerksam machen, dafs auch bei dieser Arbeit ein eventueller artefizieller Einflufs der Präparationsmethode nicht ausgeschlossen ist, wiewohl derselbe nicht bedeutend sein dürfte, sowie, dafs fixierte Präparate nur einen sehr bedingten Schlufs auf Lebensvorgänge gestatten.

Ein ähnliches Urteil mufs ich auch über die Arbeit von Feinberg[1]) fällen, welcher zum Studium dieser Verhältnisse eine Modifikation der Romanowskischen Färbungsmethode für fixierte Deckglaspräparate benutzt hat. Das Wichtigste von seinen Beobachtungen ist für uns, dafs er in einzelnen Stäbchen zwei oder mehrere sich different von dem übrigen Plasma färbende Körnchen konstatiert hat, die er für Kerne ansieht und deren multiples Vorkommen er sich als durch Teilungen entstanden erklärt, ohne die letzteren beobachtet zu haben.

Ich habe in der Litteratur keine weiteren thatsächlichen Angaben vorfinden können, welche sich auf die Beteiligung der Körnchen bei Teilungsvorgängen beziehen würden. In neuester Zeit haben zwar Prof. Rayman und Kruis über derartige Vorgänge in einer vorläufigen Mitteilung Andeutungen gemacht (Věstnik č. Akademie 1902), ohne jedoch Näheres mitzuteilen, so dafs es mir nicht möglich ist, ihre Resultate mit den meinen zu vergleichen. Zu bemerken wäre aber, dafs sich die genannten Autoren auf fixierte und gefärbte Präparate beziehen. Aus dem Angeführten ist zu ersehen, dafs die direkte Beteiligung der Körnchen bei der Teilung der Bakterien deshalb angenommen wurde, weil die einzelnen Forscher die Körnchen für Kerne oder wenigstens für Bestandteile von Kernen ansahen und Kernteilungsfiguren beobachtet zu haben glaubten.

Ich schreite nunmehr zur Darstellung meiner eigenen Beobachtungen. Dieselben wurden an einem aufserordentlich grofsen Coccus ausgeführt, den ich bei einer Untersuchung der Labora-

1) Feinberg, Über den Bau der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., XXVII. Bd., Nr. 12/13, 1900.

Digitized by Google

toriumsluft zufällig aufgefangen habe. Derselbe bildet auf der Gelatineplatte unregelmäfsig abgegrenzte, grauweifse flache Kolonien, welche die Gelatine langsam verflüssigen. Bei der mikroskopischen Untersuchung erscheinen die Kolonien farblos und an der Peripherie wie aus zerzausten Haaren zusammengesetzt.

Der Impfstich wird langsam verflüssigt und zwar auf der ganzen Oberfläche des Röhrchens, so dafs schliefslich die Gelatine z. B. in ihrer Gänze auf die Tiefe von $1^1/_2$ cm verflüssigt erscheint, und aus dieser Zone, auf deren Untergrund sich die Kolonienmasse ansammelt, der unversehrte Impfstichkanal nach unten geht, von kleinen isolierten Kolonien erfüllt. Auf schrägem Agar erscheint ein weifser, unregelmäfsig begrenzter, etwas erhöhter, matt glänzender Belag.

Bei der mikroskopischen Untersuchung dieses Coccus nun, die ebenfalls mit Hilfe der vitalen Methylenblaulösung unternommen wurde, sieht man die nachfolgenden Bilder (Taf. III Fig. 30).

Erstens kann man Kokken beobachten, die ein centrales Körnchen beherbergen; sehr oft liegt jedoch das letztere excentrisch, an der Membran des Coccus.[1] Manchmal können im Coccus selbst mehrere Körnchen und zwar in verschiedener Gruppierung angetroffen werden. So können zwei Körnchen dicht nebeneinander im Centrum des Coccus liegen, oder sie können mehr von einander, jedes mehr der Membran zu gerückt sein; es können aber auch drei Körnchen zu einem gleichschenkligen Dreieck angeordnet im Coccus liegen, dann liegen die Körnchen gleichfalls mehr der Membran an. Des weiteren kann man dem nachfolgenden Bilde begegnen. In der Längsachse des ein wenig in die Länge gedehnten Coccus sieht man an jedem Pole je ein Körnchen sitzen; in der Mitte aber, quer auf die Längsachse durchläuft eine Zwischenwand das Gebilde. Schliefslich kann man des öfteren zwei dicht nebeneinander liegende Coccen beobachten, deren jeder ein färbbares Körnchen zur Schau trägt. Dieselben können entweder an den zugekehrten Seiten der Coccen

1) Dieses Verhalten ist auch von Marx und Woithe an anderen Kokken beobachtet worden.

Digitized by Google

oder mit Bezug auf jeden Coccus excentrisch, jedoch sehr nahe bei einander liegen, oder aber sie stehen einander schon ferner, dem Centrum der betreffenden Coccen näher. Ich habe die bisher geschilderten Bilder absichtlich in der oben angeführten Reihenfolge zusammengestellt folgen lassen, weil sie — in dieser so üblichen Weise combiniert — zu der Anschauung führen könnten, dafs sie Teilungsbilder vorstellen, in welchen das färbbare Körnchen die Rolle des Zellkernes vertreten würde. Doch sind noch andere Bilder zu beobachten. Vor allem sind da Coccen, die weder ein Körnchen noch eine Querwand zu erkennen geben, weiterhin andere, die, mit einer Querwand ausgestattet, das Aussehen von Schraubenköpfen bieten; es können aber auch zwei Querwände in einem Coccus vorkommen, die sich in einem rechten Winkel schneiden; es können verlängerte Kokkenformen zur Anschauung gelangen, die, von einer Zwischenwand geteilt, in der einen Hälfte zwei, in einer schief zur Längsachse verlaufenden Geraden gelagerte Körner, in der anderen Hälfte aber nur ein gewöhnlich, ungefähr in der Mitte gelegenes Körnchen aufweisen. Das sind Bilder, die auf eine bedeutende Unregelmäfsigkeit der Teilungsvorgänge schliefsen liefsen, vorausgesetzt natürlich, dafs sie solche vorstellen.

Noch merkwürdiger sind jedoch diejenigen Bilder, in welchen die Körnchen fädige Ausläufer besitzen. So kann z. B. ein Körnchen der Membran anliegen und im Diameter des Coccus einen sich verjüngenden Ausläufer der entgegengesetzten Seite zuschicken, die es aber nicht ganz erreicht. Oder aber ist der Ausläufer ganz kurz, während an derjenigen Stelle der entgegengesetzten Seite, an welcher er verlängert dieselbe berühren würde, ein anderes Körnchen sich befindet. Auch können zwei entgegengesetzte Körner durch einen Faden verbunden erscheinen. Bei Formen, welche drei Körnchen enthalten, können dieselben durch zwei Verbindungsfäden in Form eines Winkels verbunden sein, dessen Öffnung frei ist. Oder: In einem Coccus sind zwei Körnchen; das eine liegt frei, das andere sendet einen Faden so aus, dafs eine in der Mitte desselben aufgepflanzte Senkrechte das freiliegende Körnchen treffen würde. Dasselbe Bild kann sich

Digitized by Google

in der Weise wiederholen, dafs der Faden auch auf dem anderen Ende ein zweites Körnchen trifft. Des öfteren trifft man auch centralgelegene Körnchen, welche auf zwei entgegengesetzten Seiten Ausläufer aussenden, die entweder bis zur Peripherie des Coccus reichen oder aber noch vor derselben endigen.

Diese Bilder und andere ähnliche bleiben unerklärt, so lange man an der früher mitgeteilten Reihe als Teilungsformen gedeuteter Bilder festhält.

Durch die nachfolgende direkte Beobachtung werden sie aber dem Verständnisse näher gebracht. Um dieselbe anstellen zu können, mufs man sich eine mikroskopische Kultur des Coccus anfertigen, am besten in der Weise, dafs man das Objekt- und Deckglas in einer Petrischale sterilisieren läfst, und wenn alles ausgekühlt, unter abgehobener Deckschale auf das Objektglas einen Tropfen Bouillon bringt, mit sterilisierter verdünnter Methylenblaulösung vermischt und mit einer Spur der Coccuskultur beschickt, denselben mit dem Deckgläschen bedeckt und durch Paraffin in geeigneter Weise vor zu rascher Verdunstung schützt. Des weiteren mufs man die Beobachtung auf mehrere Stunden ausdehnen. Dieselbe mufs auch gewöhnlich einige Male vom Anfang an wiederholt werden, da es nicht immer gelingt, gleich auf den ersten Schlag ein geeignetes Objekt zu finden.

Ist ein solches gefunden — dies ergibt sich eben aus den sich vollziehenden Veränderungen desselben — so kann man den nachfolgenden Vorgang, der sich ungefähr in 1—1½ Stunden abspielt, beobachten.

Ein excentrisch gelagertes Körnchen entsendet entweder einseitig oder auf entgegengesetzten Seiten Ausläufer, die sich mit der Entfernung vom Körnchen verjüngen. Sie wachsen langsam einander entgegen, bis sie sich zu einem den Coccus umschnürenden Ring verbinden. Davon kann man sich überzeugen, wenn man ein Rollen der Kokken, z. B. durch geringes Absaugen des Bouillons mit Hilfe von Filtrierpapier, verursacht. Unterdessen hat sich das färbbare Körnchen stetig verkleinert, die Fäden dagegen haben sich gleichmäfsig verdickt. Ist der Ring einmal vollständig ausgebildet, so ist gewöhnlich das färbbare

Digitized by Google

Körnchen entweder gänzlich verschwunden oder es bleibt von ihm nur ein geringer Rest übrig. Es hat also den Anschein, als ob die Substanz des Körnchens in die Fäden überginge. Ich lasse dahingestellt, ob der sich bildende Faden thatsächlich nur ein Faden ist, oder ob der Faden nicht die horizontale Projektion einer den Coccus in zwei Hälften trennenden Membran darstellt. Jedenfalls müfste diese Membran sehr dünn sein, da sie in der Flächenansicht gegenüber der übrigen Masse des Coccus keine Tinktionsdifferenzen aufweist. Da jedoch in der Ebene des Ringes die eventuell nachfolgende Zweiteilung vollendet wird, so kann wohl geschlossen werden, dafs es sich um eine Zwischenwand handelt. Ein ähnliches Verhalten haben Marx und Woithe[1]) an anderen Kokken aus fixierten und doppelt gefärbten Präparaten erschlossen.

Die färbbaren Körnchen tragen also zur Bildung einer die Zweiteilung der Kokken vollführenden Zwischenwand bei. Dadurch wird der Coccus prägnant als pflanzlicher Organismus charakterisiert; denn eben bei diesen werden behufs Teilung Zwischenwände als Produkte der Zellmembran gebildet. Hiermit behaupte ich natürlich nicht, dafs das färbbare Körnchen, das Anlafs zur Entstehung der Querwand gab, etwa den Bestandteil einer Membran des Coccus darstelle oder dafs der Coccus aus diesem Grunde von einer besonderen Membran umgeben sein müfste, da man sich ja vorstellen kann, dafs die Kokkensubstanz selbst sich an der Peripherie verdichtet. Ich möchte dadurch nur die morphologische Analogie der beiden Vorgänge charakterisiert wissen wollen.

Meine Beobachtungen beziehen sich zwar nur auf den oben beschriebenen grofsen Coccus; doch halte ich sie eben deshalb für wichtig, weil eben die Kokken gewöhnlich nur ein bis zwei färbbare Körnchen enthalten und zuweilen eine solche Anordnung derselben erkennen lassen, dafs man sie mit Hilfe der üblichen willkürlichen Combination für Teilungsbilder, somit den Coccus für eine mit einem Kern begabte Zelle halten könnte.

---

1) a. a. O.

Digitized by Google

wie dies ja auch oft geschehen ist und eben an Kokken am wahrscheinlichsten erschien. Wird aber durch direkte Beobachtung gezeigt, dafs der vermeintliche Kern die Bildung einer Zwischenwand behufs Teilung veranlafst, so mufs eben der Gedanke von der Kernnatur des färbbaren Körnchens verlassen werden.

Ich will nicht behaupten, dafs den färbbaren Körnchen einzig[1]) nur diese Rolle bei der Teilung zufällt und z. B. auch bei den Bacteriaceen. Doch ist auch bei Stäbchen, die sich teilen, die Zahl und Anordnung der Körnchen zumeist ganz unregelmäfsig, wie z. B. aus der Fig. 12b Taf. II zu ersehen ist, so dafs es mir schwer denkbar erscheint, dafs dieselben hierbei die analoge Rolle spielen sollten, wie der Kern der Gewebezellen. Aufserdem kann man auch bei Stäbchenbakterien Erscheinungen begegnen, welche auf die Beteiligung wenigstens eines Teiles der Körnchen bei der Bildung von Querwänden hinzuweisen scheinen. Es ist das vereinte Erscheinen von Körnchen und Zwischenwandbildungen (Taf. II Fig. 4c), das Ansitzen der Körnchen an den Wänden des Stäbchens und teilweise Auswachsen zu fädigen Gebilden (Taf. II Fig. 4d, Fig. 10a, Fig. 19a, b), welche offenbar mit der Teilung des Fadens in Zusammenhang stehen. Auf solche Bilder glaube ich auch die früher erwähnten Beobachtungen von Wagner zurückführen zu dürfen; nur erscheinen mir seine auf S. 438 vorgeführten Abbildungen stark schematisiert zu sein, wohl um seine Schilderung recht zu bekräftigen. Fig. b z. B., welche einem Bacillus typhosus entstammen soll, zeigt deutlich das Auswachsen eines Fadens von einem der Membran anliegenden Körnchen. Sie ist aber schematisiert, um zu beweisen, dafs sie ein Vorstadium der Fig. c bildet, welche übrigens nicht dem Bacillus typhosus, sondern dem Bacterium coli entnommen ist.

Um zu zeigen, wie spielend und ungezwungen sich auf Grund meiner direkten Beobachtung die in meiner Fig. 30 Taf. III abgebildeten Verhältnisse deuten lassen, möchte ich nur auf Fig. *α* hinweisen. Die färbbaren Körnchen stellen sich hier in die

1) Krompecher (a. a. O.) bringt einen Teil derselben mit der Sporenbildung in Zusammenhang.

Digitized by Google

Längsachse des bereits quergeteilten Coccus, dieselben wachsen später in Fäden aus, so dafs von jedem Körnchen die Querteilung des ihm zugehörigen Kokkenteiles besorgt wird (Fig. β); sind die Körnchen zur Bildung der Zwischenwände aufgebraucht, so erhält man das Bild γ; noch später, wenn es bereits zur Trennung der abgeschnürten Teile kommt, entsteht das Bild δ; aus ε entsteht η u. s. w.

Es erscheint somit ganz klar, dafs man zur Erklärung der vorkommenden Bilder vollkommen mit dem von mir beobachteten Vorgange ausreicht, ohne auf die Gegenwart von Kernen in Kokken und auf eine Analogisierung der letzteren mit typischen Zellen recurrieren zu müssen.

Wenn nun die färbbaren Körnchen nicht auch direkt mit der Teilung der Bakterien zusammenhängen müssen, so können trotzdem an denselben Teilungen beobachtet werden.

Ich habe sie an Bacterium radicosum, einem Heubacillus und an einigen Schimmelpilzen gesehen[1]) und gebe in Taf. III Fig. 29 eine Abbildung dieses Vorganges. Wenn ich mich wiederum auf die Beobachtung von Schimmelpilzen beziehe, so geschieht dies aus demselben Grunde wie früher, weil nämlich hier wegen der Gröfse der Gebilde die Verhältnisse viel klarer liegen.

Unter den zum Teile metachromatischen Körnern des Hypheninhaltes sind einige, welche lebhafte Beweglichkeit zeigen; ein solches, das sich durch nichts von den anderen Körnern unterschied, ist bei α abgebildet. Nachdem dasselbe einige Zeit in dem freien Raume der Hyphe verschiedene Bewegungen ausgeführt hat, während welcher die gleichfalls vorhandenen Fädenstrukturen mannigfaltige Änderungen erfuhren, setzte sich dasselbe mit einem Male an die Membran fest, vergröfserte und verlängerte sich etwas, so dafs statt des früheren Kügelchens ein keulenförmiges Körperchen entstand. In diesem Stadium ist es wohl identisch mit den von Ernst bei Bakterien und Pilzen gesehenen »gestielten« Körnern. Die Anheftung an die Membran

1) Ernst scheint eine solche bei Bac. megaterium gesehen zu haben (a. a. O.).

Digitized by Google

ist jedoch sehr locker, das keulenförmige Körperchen pendelt eine Weile in dem umgebenden freien Raume, sendet zwei dünne Ausläufer in das wandständige Plasma aus, die sich später von dem Korne ablösen und in das Plasma retrahieren. Das keulenförmige Körperchen macht sich sodann wieder von der Membran los, bewegt sich frei und lebhaft umher; auf einmal schnürt sich von ihm ein kleines Kügelchen, und zwar an dem verjüngten Keulenende, ab, bleibt jedoch mit dem ursprünglichen vorläufig noch verbunden. Im weiteren Verlaufe vergröſsert sich dasselbe, bis zwei ungefähr gleich groſse Kügelchen vorhanden sind, die durch eine ziemlich breite, aber dünne Brücke verbunden werden. Schlieſslich kommt es zur völligen Teilung. Die neu entstandenen Körner können sich nun entweder weiterbewegen oder auch in Stillstand treten. In dem vorliegenden Falle fuhr α fort, sich im Hyphenraume weiterzubewegen, während β sich nur kurze Zeit bewegte, dann aber sich den bereits ruhenden zugesellte.

Eine solche Beobachtung könnte wohl den Unerfahrenen zu der Meinung verführen, daſs es sich bei dieser Erscheinung um eine Kernteilung handelt. Der ganze Charakter des geschilderten Vorganges zeugt jedoch davon, daſs dem sich teilenden Korne in keiner Weise der Charakter eines Kernes zugesprochen werden kann. Das sich teilende Korn unterscheidet sich nämlich durch nichts von den übrigen in dem betreffenden Individuum enthaltenen Körnern, desgleichen die beiden neuentstandenen. Auf die Teilung des Körnchens folgt keine Teilung des Individuums, ja selbst nicht die geringste Vorbereitung dazu. Schlieſslich bezeugt das Eintreten des neuentstandenen Kornes in die Reihe der ruhenden, daſs es sich wohl um nichts anderes, als nur um einen Vermehrungsakt der Körner gehandelt hat.

Soviel ich also die färbbaren Körnchen studiert habe, konnte ich an denselben keine Erscheinung konstatieren, die zu dem Schlusse berechtigen würde, daſs die Körnchen mit der Teilung der Bakterien in einem analogen Verhältnisse stehen, wie die Zellkerne mit der Teilung von typischen Zellen.

Digitized by Google

III. Die biologische Stellung der Bakterien.

Über die biologische Stellung der Bakterien bestehen zur Zeit zwei prinzipiell verschiedene Ansichten. Der einen nach wären die Bakterien vollkommene Zellen, der anderen nach den Zellkernen analoge Gebilde. Die erstere Anschauung scheint in der letzten Zeit die allgemeinere zu werden.

Um die Frage von der biologischen Stellung der Bakterien entscheiden zu können, ist es notwendig, auf die Begründung der citierten Anschauungen einzugehen.

Bevor eine Struktur im Innern der Bakterien entdeckt worden ist, hielt man die Bakterien deshalb für Kernen analoge Gebilde, weil sie sich mit den sog. Kernfärbemitteln in derselben Weise tingierten wie diese.

Aus diesem Grunde verglichen bereits Hueppe und Klebs[1]) die Bakterien mit Kernen. Als eigentlicher Begründer der Lehre von der Kernnatur der Bakterien hat jedoch Bütschli[2]) zu gelten. Bütschli unternahm seine Studien an Alkoholpräparaten, die mit Hämatoxylin und an Trockenpräparaten, welche mit Methylenblau gefärbt worden waren. Als Untersuchungsobjekt fungierten die sog. Schwefelbakterien, insbesondere das Chromatium Okenii. Er fand, dafs sie eine wabige Struktur besitzen, die sich an der Peripherie schwächer, gegen das Centrum hin aber stärker färbt. Diese stärker gefärbte centrale Partie (Centralkörper) sah Bütschli als Kern an und konstatierte in, aber auch neben derselben rot, resp. rotviolett gefärbte Körnchen, welche er mit den von Ernst beschriebenen identifizierte. Dieselben Gebilde wies Bütschli bereits im Jahre 1880 im Plasma einiger Bakterien nach. Doch hielt er damals die Bedeutung derselben in den Bakterien für unsicher. Erst in seiner oben citierten Publikation trat Bütschli energisch für die Kernbeschaffenheit der Bakterien ein, indem er die Ansicht äufserte, dafs, je kleiner der lebende Organismus werde, desto enger sich auch seine äufsere (Cytoplasma-)Schicht gestalte, so dafs schliefs

1) Klebs, Allgem. Pathologie, I, 1887.

2) Bütschli, Bau der Bakterien und verwandter Organismen. Leipzig, 1890.

Digitized by Google

lich die Bakterien, als kleinste Lebewesen, fast nur aus Kernsubstanz bestehen.

Fast gleichzeitig, eigentlich noch etwas früher als Bütschli, kam Wahrlich[1]) auf Grund von mikrochemischen Untersuchungen zu ähnlichen Schlufsfolgerungen. Die unbedeutenden Differenzen, die zwischen den Resultaten dieser beiden Forscher zu Tage treten, lassen sich durch die Verschiedenheit der angewendeten Methoden erklären. Während nämlich Bütschli die Methode der tinktoriellen Analyse wählte, betrat Wahrlich den schwierigen Weg der mikrochemischen Untersuchung nach dem Vorbilde von Frank Schwarz. Er setzte reinen, 24 Stunden alten Kulturen entstammenden, »vorsichtig« getrockneten Deckglaspräparaten NaCl, Ferrocyankalium mit Essigsäure, Pepsin, Trypsin und 10proz. Sodalösung zu und fand, dafs der Körper des vegetativen Bakterienindividuums zumindest aus zwei Substanzen besteht, die gut voneinander unterschieden werden können, nämlich aus einer Grundsubstanz von wabenförmiger Struktur — der mikrochemischen Reaktion nach Linin — und aus intensiv färbbaren Chromatinkörnchen, die in die Maschen der ersteren eingebettet sind. Cytoplastin (Zelleib) sei bei den Bakterien nicht vorhanden. Das Endresultat von Wahrlichs Studien ist die vollständige Analogisierung des Bakterienindividuums mit dem Kerne der höher organisierten Zellen. Die Stützpunkte seiner Beweisführung sind die nachfolgenden:

1. Der junge Zellkern ist völlig homogen, ziemlich stark lichtbrechend und zeigt erst nach Einwirkung von Wasser (z. B. bei jungen Pollenzellen) oder anderen Reagentien Körnchenbildungen. Das junge vegetative Bakterienindividuum ist gleichfalls gewöhnlich homogen und ziemlich stark lichtbrechend, ohne Reagentien tritt an demselben gleichfalls keine Struktur zu Tage.
2. Die körnige Struktur des Zellkerns ist nur dann zu sehen, wenn die Zelle bereits ganz ausgebildet ist. Dasselbe gilt

1) Wahrlich, Bakteriol. Studien. I. Zur Frage über den Bau der Bakterienzelle etc. Scripta botan. horti bot. St. Petersburg, 1890/91

Digitized by Google

von den Bakterien, bei welchen sie auch besonders erst vor der Sporenbildung sichtbar wird.

3. Im Zellkerne fliefsen vor der Teilung die Chromatinkörnchen zusammen, dann erst beginnt die Teilung. Alles Chromatin wird zur Bildung der Tochterzellen verbraucht, nicht aber die ganze Grundsubstanz. Bei der Sporenbildung zeigte wenigstens die Mehrzahl der Bakterien Körnchen, die nach Ernst und Wahrlich aus Chromatin bestehen; sodann verkleinert sich ihre Anzahl durch Confluieren. Dabei wird alles Chromatin verbraucht, nicht aber alles Linin.
4. Das Chromatin ist überall da am häufigsten, wo es sich um die Neubildung von Protoplasma handelt, also bei der Zellenneubildung. Nachdem die Zellen ausgewachsen sind, vermindert sich das Chromatin, besonders wenn sich die Zellen in ungünstigen Lebensverhältnissen befinden. Ganz analog verhalten sich die Bakterien; je günstiger die Lebensbedingungen, desto energischer wachsen und vermehren sie sich und desto mehr Chromatin enthalten sie.
5. Tschetweruchin hat gefunden, dafs der degenerierende Zellkern das Bestreben zeigt, sich zu teilen, er bildet den mitotischen ähnliche Figuren aus, zur Teilung kommt es jedoch nicht. Die Involutionsformen der Bakterien bilden auch eine Sporenanlage, aber die Spore bildet sich nicht vollkommen aus.

Es ist klar, dafs die Ausführungen Wahrlichs Vieles enthalten, was einer strengeren Kritik nicht Stand zu halten vermag. Wenn ihm aber auch der Beweis nicht gelungen ist, dafs die Bakterien den Zellkernen analog wären, so enthält sein Gedankengang trotzdem manchen plausiblen Hinweis, der im Sinne dieser Analogie verwertet werden könnte.

Doch wird die Physiologie der Zelle noch immer von der Lehre beherrscht, dafs für das Leben der Zellen der Kern das Wichtigste und Unentbehrlichste sei, ungeachtet der Thatsache, dafs selbst manche moderne Forscher, wie Boveri, Driesch, Delage Beobachtungen veröffentlicht haben, welche mit dieser

Digitized by Google

Lehre nicht zu vereinbaren sind. Bezüglich der Bakterien hält z. B. Mühlschlegel[1]) für unmöglich, dafs sie Kerne wären, weil er sich nicht vorzustellen vermag, dafs der Kern selbst dieselben Funktionen auszuführen vermöchte, welche er sonst mit dem Zelleibe zusammen ausübt.

Diejenigen Forscher, welche die Kernnatur der Bakterien angenommen haben, kamen daher gegenüber der herrschenden Lehre, dafs das Leben der Zelle die gleichzeitige Zusammenwirkung von Zelleib und Zellkern zur Voraussetzung hat, in eine prekäre Lage, welcher sie durch Aufstellung verschiedener Hypothesen zu entraten suchten.

So hat, wie ich bereits bemerkte, Bütschli eine äufserst dünne Zelleibhülle um die eigentlichen Bakterienkörper angenommen, trotzdem sie durch keine Beobachtung und keine Färbung nachzuweisen war.

Löwit[2]) glaubte sie nachgewiesen zu haben. Er benutzte zu diesem Zwecke das Löfflersche Geifselfärbungsverfahren.

Wer diese Methode kennt, ihrer Einwirkungsweise auf das Protoplasma einige Beachtung geschenkt und die Löwitschen Bilder studiert hat, wird wohl keinen Augenblick bezweifeln, dafs das, was Löwit als protoplasmatischen Zelleib deutet, Quellungsprodukte sind. Ähnliche Artefakte hat bereits 1894 Bunge[3]) bei Anwendung derselben Methode beschrieben.

Weigert[4]) und Mitrophanow[5]) sprachen, um dem oberwähnten Dilemma zu entraten, die Meinung aus, dafs bei den Bakterien das Karyoplasma noch nicht von dem Protoplasma abgeschieden, sondern dafs in denselben beide noch vermischt sind. Diese gewissermafsen phylogenetische Auffassung entbehrt jedoch bis jetzt jeglichen Beweises.

1) Mühlschlegel, Über die Bildung und den Bau der Bakteriensporen. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt., Bd. VI, 1900.

2) Löwit, Zur Morphologie der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., Bd. XIX, 1896.

3) Bunge, Zur Kenntnis der geifseltragenden Bakterien. Fortschritte der Medizin, Nr. 17, 1894.

4) Weigert, Neue Vererbungstheorie. Schmidts Jahrb., 1887.

5) Mitrophanow, Über Zellgranulationen. Biol. Centralbl., IX, 1889.

Digitized by Google

Somit mufs zugestanden werden, dafs — wie die Dinge jetzt angesehen werden — nur wenige Momente für die Anschauung sprechen, dafs die Bakterien Kernen analoge Gebilde wären.

Wie steht es nun aber mit derjenigen Ansicht, nach welcher die Bakterien komplette Zellen sein sollen?

Um dies zu beweisen, is es nötig, in den Bakterien einen Kern und einen Zelleib aufzufinden. Durch verschiedene Färbungen gelang es auch, in den Bakterien Differenzierungen kenntlich zu machen, welche tatsächlich als Bakterienkerne angesprochen wurden. Schon Schmitz[1]), der sie bei Oscillarien, Thallophyten u. a. entdeckt hat, hielt sie für echte Kerne. Schottelius hat die von ihm beobachteten Zentralstäbchen bei Bakterien wegen ihrer zentralen Lage in denselben für Kerne gehalten. Andere sahen verschiedenartig gruppierte Körnchen im Inhalte von Bakterien und glaubten dies als Kernteilungsbilder deuten zu dürfen, woraus wiederum abgeleitet wurde, dafs die Bakterien Zellen sein müssen. Besonders überzeugend schienen diejenigen Arbeiten, in welchen auf Grund verschiedenartiger Färbungsweisen eine doppelte Tinktion des Bakterieninhaltes erreicht wurde, und zwar in der Weise, dafs die Färbung der Körnchen derjenigen der Zellkerne, und die Färbung der zwischen ihnen befindlichen Substanz derjenigen des Zelleibes anderer Zellen entsprach. Aus dieser analogen Färbung schlofs z. B. Feinberg[2]), dafs die Bakterien aus Kern und Plasma bestehen müssen.

Zu diesem Schlusse war jedoch Feinberg nicht berechtigt. Denn mit den sogenannten Kernfärbemitteln färben sich vielfach Gebilde, die mit Kernen nichts Gemeinsames haben, so z. B. die Granula des Zelleibes, viele verschiedenartige Zelleinschlüsse, ja selbst ganz unzweifelhaft plasmatische Gebilde, wie Zellausläufer u. s. w. Es mufs also gefragt werden, ob der Beweis von der Kernnatur der färbbaren Körperchen in den Bakterien nicht auf eine andere Weise geliefert werden könne. Diejenigen

1) Schmitz, Unters. über d. Zellkerne d. Thallophyten. Sitzungsber. d. niederrh. Ges. f. Nat.- u. Heilkde., 1879. — Unters. über d. Struktur d. Protopl. u. d. Zellkerne d. Pflanzenzellen. Ibid., 1880.

2) Feinberg, a. a. O.

Digitized by Google

Befunde, welche als Karyokinese gedeutet wurden, sind, wie ich oben gezeigt habe, zum Teile Artefakte, zum Teile lassen sie eine andere Deutung zu. Es kommen zwar an den Körnchen wirkliche Teilungen vor, dieselben haben jedoch mit der Teilung der Bakterien nichts zu thun. Weiterhin ist zu erwägen, dafs die Körnchen ganz strukturlos erscheinen. Sjöbring glaubt zwar, an denselben eine Membran annehmen zu können, ich habe sie jedoch nie gesehen und bezweifle auch auf Grund meiner Beobachtungen ein Vorhandensein derselben. Schliefslich sei auf die Publikation von Marx und Woithe[1]) hingewiesen, die sich so wie Feinberg zur Darstellung der färbbaren Körnchen einer Doppelfärbung mit Methylenblau und Bismarckbraun bedienten und trotz der den Feinbergschen ganz analogen Resultate doch den Schlufs ziehen, dafs die Körnchen keine Zellkerne sein können und zwar aus folgenden Gründen:

1. im Stäbchen erscheinen zwei Körnchen, je eins an den Polen,

2. bei der Teilung verhalten sie sich den Centrosomen Flemmings ähnlich.

Marx und Woithe meinen, dafs die Körnchen Homologa von Centrosomen, eine Art von Richtungskörperchen sind, deren Teilung der Teilung des Bakterien-Individuums entweder vorausgeht oder sie begleitet.

Wenngleich der letztere Schlufs wohl kaum richtig ist (siehe meine Beobachtungen über die Teilung der Körnchen), so ist doch bemerkenswert, dafs von Marx und Woithe selbst eine Teilung der Körnchen für keinen zwingenden Grund gehalten wird, um dieselben den Kernen beizurechnen.

Die Ausführungen Meyers[2]), betreffend den Zellencharakter der Bakterien, sind durch Migula entkräftet worden.

Einen Versuch, die Zellennatur der Bakterien zu begründen, hat auch Vejdovský[3]) unternommen. Zu diesem Zwecke hat

1) a. a. O.

2) Meyer, Stud. über d. Morphol. u. Entwicklungsgesch. d. Bakterien. Flora, 1897. — Über Geifseln, Reservestoffe, Kerne und Sporenbildung der Bakterien. Flora, 1899.

3) Vejdovský, Bemerk. über d. Bau u. Entwicklung d. Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt., Bd. VI, 1900.

Digitized by Google

der genannte Autor Schnitte einer in Alkohol konservierten Gammarusart untersucht und dabei Doppelfärbungen angewendet. Durch dieselben wurden auch die im Innern des Gammarus enthaltenen Mikroben doppelt gefärbt, so dafs sie thatsächlich eine frappante Ähnlichkeit mit kernhaltigen Zellen zur Schau tragen. Weil aber die Deutung dieser Bilder bei Vejdovský auf der Annahme basiert, dafs durch die Arbeiten von Sjöbring und Feinberg die Teilung des Bakterienkernes, dieses Hauptpostulat jeglichen Beweises für den Zellencharakter der Bakterien, bereits nachgewiesen worden ist, welcher Beweis aber, wie oben dargelegt wurde, bisher noch nicht erbracht worden ist, so können die von Vejdovský mittels Doppelfärbung erhaltenen Bilder auch in einer anderen Weise gedeutet werden.

Als Zellen fafst auch Nakanishi[1]) die Bakterien auf. Die von ihm mit konzentrierter Methylenblaulösung an frischen Bakterien erzielten Bilder entsprechen zum Teile den meinen. Da er jedoch angibt, dafs sich nur tote Bakterien färben, so mufs ich annehmen, dafs er die von ihm beschriebenen Teilungen nicht direkt beobachtet und somit auch den Beweis für die Zellennatur der Bakterien nicht beigebracht hat.

Es ist also bis jetzt nicht bewiesen, dafs die Bakterien Zellen wären.

Bei dieser Lage der Dinge ist es nicht zu verwundern, dafs einsichtsvolle Forscher wie Migula und Fischer die Ansicht ausgesprochen haben, dafs die Bakterien kernlose Organismen sind. Nach Migula ist das Auffinden echter Zellkerne zwar immer noch möglich, aber doch sehr unwahrscheinlich geworden. Die als Kerne bezeichneten Gebilde deutet er als durch Lichtbrechungsänderungen entstandene Täuschungen, soferne sie sich gefärbt haben, als Niederschläge. In dem ursprünglich vollkommen homogenen Inhalte der Bakterien entstehen nach Migula[2]) im Laufe der Entwicklung sowie bei anderen Pflanzenzellen

---

1) Nakanishi, Über den Bau der Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., 1901, Nr. 5 ff.

2) Migula, Über den Zellinhalt von Bac. oxalaticus. Arb. aus dem bakt. Inst. der techn. Hochschule zu Karlsruhe, I, 1894.

Digitized by Google

Vakuolen, die sich jedoch färben können und so den Kern von Schottelius oder den Centralkörper von Bütschli entstehen lassen, während sie in Wirklichkeit dem Zellsaftraum anderer Pflanzenzellen entsprechen.

Fischer[1]) meint wiederum, dafs Bütschlis Centralkörper schon wegen seiner Gröfse dem übrigen Bakterienkörper gegenüber kein Kern sein könne. In so niedrig organisierten Organismen, wie es die Bakterien sind, könne ein so grofser Kern nicht erwartet werden. Er fand auch bei vielen Bakterien keinen Centralkörper vor.

Was die Centralvakuole Migulas betrifft, so mufs ich bekennen, dafs ich zwar bei meinen Untersuchungen hie und da eine Vakuole antraf; eine centrale Vakuole jedoch, welche den Centralkörper vortäuschen würde, nie gesehen habe. Freilich habe ich Migulas Objekt, den Bacillus oxalaticus nicht studiert. Doch dürften seine Befunde wohl nicht generalisiert werden.

Mit Bezug auf die Kernfrage mufs ich mich jedoch den oben citierten Ausführungen Migulas anschliefsen. Ein Hindernis, welches der Anerkennung der färbbaren Körperchen als Kerne im Wege steht, ist neben der von mir oben (Absatz II) erwähnten Beobachtung auch die Vielheit derselben, wie man sie in manchen Individuen antrifft. Ich verschliefse mich zwar nicht der Möglichkeit, dafs es bei irgend einer Bakterienart gelingen sollte, einen Kern nachzuweisen. Jedenfalls müfste aber, meinen Erfahrungen gemäfs, das Vorkommen desselben im Bakterienreiche ziemlich beschränkt sein, da ich demselben nie begegnet bin, obwohl ich eine beträchtliche Anzahl von Arten nach dieser Richtung hin, einer, wie ich glaube, genauen Beobachtung unterzogen habe. Sollten aber die Bakterien kernlose Organismen sein, so könnte dies nur so möglich sein, dafs sie entweder ganz aus Protoplasma oder ganz aus Kernsubstanz bestehen würden Diese Frage wäre also zunächst zu entscheiden. Ich glaube im ersten Absatze der vorliegenden Arbeit den Nachweis geliefert zu haben, dafs die im Inhalt der Bakterien vorkommenden Körnchen und

1) Fischer, Die Plasmolyse der Bakterien. Ber. d. kön. Ges. d. Wissensch., 1891. — Unters. üb. Bakterien. Pringsheims Jahrb., XXVII, 1895.

Digitized by Google

Fäden zum gröfsten Teile als Strukturelemente aufzufassen sind, die mit einem strukturlosen Plasma zusammen das Individuum aufbauen und während des Lebens Veränderungen unterliegen, welche die Mannigfaltigkeit der zu Gesicht kommenden Strukturbilder bedingen. Fafst man diese Struktur als Ganzes auf, so findet man an derselben gewifs sehr viele Analogien mit dem Baue der Zellkerne. So wie bei den Kernen echter Zellen findet man in derselben eine strukturlose Grundsubstanz und Chromosomen nebst fädigen Elementen, welche in verschiedener Weise angeordnet sein können, von einfachen reinen Körnchenstrukturen bis zu Netz- und Wabenstrukturen.

Wenn bewiesen werden könnte, dafs die Bakterien in toto den Zellkernen analoge Gebilde sind, so wäre es leicht verständlich, warum der Beweis von der Kernnatur der in ihnen enthaltenen Körnchen nicht gelingen wollte und warum auch der Beweis des Zellencharakters der Bakterien mifslang.

In dieser Beziehung mufs auf einige Erfolge in der Erkenntnis der chemischen Zusammensetzung der Bakterien hingewiesen werden. So ist es Bendix[1]) gelungen, aus Tuberkelbacillenkulturen und aus Fäcesbakterien ein Nukleoproteïd zu isolieren. Desgleichen fand Krawkow[2]) in dem Bacillus pyocyaneus Nukleoproteïne. Die Gegenwart von Nukleoalbuminen in verschiedenen Bakterien scheint daher gesichert zu sein. Dieselbe würde das den Zellkernen analoge Verhalten der Bakterien bei Färbungsprozessen verständlich machen. Wenn wir die Nukleoalbumine zum gröfsten Teile in die färbbaren Körnchen und Fäden lokalisieren, so werden wir dabei sicher nicht fehlgehen und die Analogie der Bakterien mit den Zellkernen wird sich dadurch noch enger gestalten.

Um freilich die Kernnatur der Bakterien zu beweisen, sind weitere Begründungen nötig. Es ist vor allem der Einwand zu entkräften, dafs ein Kern allein nicht diejenigen Funktionen oder einen Teil derselben auszuüben vermöchte, welche er mit dem Zelleibe zusammen zu stande bringt.

1) Bendix, Deutsche med. Wochenschr., 1901.
2) Krawkow, Vrač., 1901.

Digitized by Google

Diesbezüglich mufs ich auf eine Reihe von Arbeiten hinweisen, welche, aufser einigen wenigen Angehörigen der Stricker-schen Schule, den meisten Forschern unbekannt geblieben sind, obwohl sie die fundamentalsten Fragen der Zellenbiologie betreffen. Dieselben beziehen sich vor allem auf das Verhältnis zwischen Kern und Zelleib. Hierbei ist es notwendig, auf die historische Entwicklung der Definition der Zelle einzugehen. Es genügt, auf Max Schultze[1]) zurückzugreifen, welcher die Zelle als ein mit einem Kerne ausgestattetes Stückchen Protoplasma bezeichnet hat. Brücke[2]) hat dann nach Untersuchungen der Zellen von Kryptogamen den Kern aus dem Begriffe der Zelle ausgeschaltet, indem er erklärt hat, dafs die Konstanz seines Vorkommens wesentlichen Einschränkungen unterworfen zu sein scheint. Diese Anschauung von Brücke ist der Vergessenheit anheimgefallen, nachdem der grofse Aufschwung der Histologie, welcher der Entdeckung der karyomitotischen Kern- und Zellteilung folgte, zur Entdeckung von Kernen auch bei denjenigen niederen pflanzlichen und tierischen Organismen, die bis zu dieser Zeit für kernlos galten, geführt hat. Diese Erfolge sind Vervollkommnungen der Präparationstechnik zu verdanken, denn nur die wenigsten einschlägigen Beobachtungen wurden an lebenden Objekten gemacht. Im Jahre 1877 hat Stricker[3]) im Froschblute amöboide Gebilde entdeckt, die er als nackte Kerne bezeichnet hat. Durch direkte Beobachtung konnte er an denselben einen hochbedeutsamen Vorgang feststellen, welcher einen tiefen Einblick in die gegenseitigen Beziehungen zwischen dem Kerne und dem Zelleibe gestattet. Stricker konnte nämlich konstatieren, dafs die nackten Kerne zu kompletten Zellen auszuwachsen vermögen und dafs der ausgebildete Zelleib wieder in den Kern zurückgezogen werden kann, so dafs sich eine Zelle in einen nackten Kern verwandeln kann; es kann aber auch in dem neuaufgetauchten Zelleib der Kern, welcher ihn erzeugte,

1) Max Schultze, Über Muskelkörperchen oder was man eine Zelle zu nennen habe. Archiv f. Anat. u. Physiol., 1861.

2) Brücke, Die Elementarorganismen. Wiener akad. Sitzungsber., 1861.

3) Stricker, Über die Entstehung des Kerns. Wiener akad. Sitzungsberichte, 1877.

Digitized by Google

verschwinden, indem er sich förmlich auflöst. Weiterhin beobachtete Stricker an lebenden Froschleukocyten das Verschwinden und Wiederauftauchen von Zellkernen.

Im Jahre 1894 habe ich[1]) in einer aus dem Laboratorium von Spina hervorgegangenen Arbeit die nackten Kerne, deren Existenz gänzlich verleugnet wurde, im Blute von weifsen Mäusen, weifsen Ratten, Kaninchen und Menschen konstatieren können und habe durch mikrochemische Reaktionen sowie durch Färbungsversuche den Beweis geliefert, dafs diese Gebilde thatsächlich nackte Kerne sind, die keine Spur des Zelleibes aufweisen. Es ist mir gelungen, den Vorgang der Umbildung derselben zu Zellen zu beobachten und abzubilden[2]) und die derartig ausgebildete Zelle durch Essigsäure zu fixieren, worauf das typische Bild eines Lymphocyten sich dem Auge bot. Weiterhin konnte ich durch Beobachtung lebender Froschleukocyten das von Stricker gesehene Verschwinden und Auftauchen von Kernen in vollem Umfange bestätigen, sowie durch überzeugende Versuche feststellen, dafs diese Erscheinung thatsächlich auf einem Verschwinden und einer Neubildung des Kernes beruht, so dafs ich mich gezwungen fühlte, mich der Ansicht von Stricker, dafs der Kern ein chemisch umgeänderter Teil des Zelleibes ist völlig anzuschliefsen.

Durch Stricker und Unger[3]) ist fernerhin an Epithelzellen klar gemacht worden, dafs der Kern einen amöboiden Rest des einst amöboid gewesenen Zelleibes darstellt. Der weitere Ausbau dieser Lehre ist mehr den Interessen der Pathologie als der Physiologie zu verdanken, indem es auf Grund obiger Thatsachen gelungen ist, besonders in der Erkenntnis der Entzündungsvorgänge wichtige Fortschritte anzubahnen. So hat Spina[4]) bei dem Studium der entzündeten quergestreiften Muskel-

1) Vlad. Růžička, Unters. über die ungefärbten Zellen des Blutes. Allg. Wiener mediz. Zeitung, XXXIX, 1894.

2) Rozpr. č. akademie, III, 1894.

3) L. Unger, Über die amöboiden Kernbewegungen in normalen und entzünd. Geweben, 1878.

4) Spina, Unters. über die entzündl. Veränderungen der quergestreiften Muskelfasern. Med. Jahrb., 1878.

Digitized by Google

fasern die Erfahrung gemacht, dafs sich auch aus der kontraktilen Substanz Kerne zu bilden vermögen. Hamilton sah an den durch den Entzündungsreiz geschwellten Achsencylindern des Rückenmarkes nackte Kerne entstehen.

Zu dieser Lehre gesellte Stricker später noch die Lehre, dafs auch die Grundsubstanzen der Gewebe lebend sind, indem Zellen in die Grundsubstanz und die Zwischensubstanz wiederum in Zellen zu umwandeln sich vermögen.

Bei den Physiologen fanden diese Angaben keinen Wiederhall. Auch die Pathologen übergingen dieselben lange stillschweigend. Erst Grawitz und seine Schule holten sie wieder hervor, freilich ohne darauf aufmerksam zu machen, dafs bereits lange vor ihnen Stricker, Spina und ihre Schüler analoge oder ganz dieselben Erscheinungen beobachtet und richtig gedeutet haben. Auch sonst sind von verschiedenen Forschern Beobachtungen gemacht worden, welche analoge Verhältnisse betreffen. So hat Alex. Brandt[1]) an den roten Blutzellen von Sipunculus nudus ein rätselhaftes Verschwinden und Wiedererscheinen des Kernes beobachtet. Henking[2]) hat angegeben, dafs in gewissen Insekteneiern der Kern seine Abgrenzung verliert, verschwindet und dafs später wieder ein neuer Kern auftaucht. Verworn beobachtete das Verschwinden des Kernes bei einer lebenden Amöbe. Die Unsichtbarkeit des Kernes in Leukocyten ist auch von Flemming diskutiert worden. Ich kann hier unmöglich auf die gesamte einschlägige Litteratur eingehen, dies behalte ich mir für eine andere, diese Verhältnisse speziell behandelnde Arbeit vor.

Aber das Angeführte genügt, um darzuthun, dafs Kern und Protoplasma unter Umständen ganz selbständig zu fungieren vermögen, auch wenn sie nicht gleichzeitig zusammenwirken.

Um nun zu unserem Thema zurückzukehren, so soll hervorgehoben werden, dafs bereits ein Versuch besteht, Strickers Lehre von der Bedeutung des Kernes auch auf die Bakterien auszudehnen.

---

1) A. Brandt, Anatom. histol. Untersuch. über d. Sipunculus nudus. St. Petersburg, 1870.

2) Henking cit. bei Schiefferdecker, Gewebelehre, Bd. II, 1891.

Digitized by Google

Amrusch[1]) hat an fixierten und gefärbten Präparaten aus Sputum und Reinkultur die Tuberkelbacillen in eine schwächer sich färbende Grundsubstanz gelagert gesehen und hielt das Bild für eine Zooglöabildung. An lebenden Präparaten konnte er sodann in derselben Bewegungserscheinungen beobachten, welche denen von Stricker an Zooglöen von Fäulnisorganismen gemachten analog waren. Dieselben bestanden im Schwinden und Auftauchen von Elementen, aus welchen die Zooglöa zusammengesetzt war.

Diese Angabe Amrusch' ist von den Forschern, welche sich mit dem Studium der Bakterien befafst haben, unberücksichtigt geblieben, zum Teile wohl auch deshalb, weil man in der letzten Zeit der Zooglöenbildung überhaupt wenig Aufmerkkeit zugewendet hat.

Als ich daran ging, die Struktur der Bakterien in ihrem natürlichen Medium zu studieren, mufste ich auch den Zooglöen meine Aufmerksamkeit schenken, da ja diese in Aufgüssen und stagnierenden Gewässern eine regelmäfsige Erscheinung sind. Die nachfolgenden Beobachtungen machte ich an Zooglöen unbekannter Bakterien aus Aufgüssen auf Milchreis, Heu, Stroh und faulendes Fleisch und zwar mit Hilfe der vitalen Methylenblaufärbung.

Milchreisaufgufs: Die Zooglöa bestand aus einer wolkenartigen Masse, die keine deutliche innere Struktur bot; nur hie und da gab es dunklere Punkte und Stäbchen. In diese Masse waren die geformten Elemente gelagert. An einzelnen Stellen waren Hefezellen zu sehen, an einem Rande schaute aus der Masse stachelzaunförmig eine Reihe von Stäbchen heraus; unweit vom Rande verfilzen sich die letzteren und bilden eine unentwirrbare Masse, die dem Innern zu nur undeutliche wolkige Zeichnungen zur Schau trägt. Quer über sie verläuft ein Streptokokkenkettchen. Die wolkige Zeichnung ändert sich stetig; aufeinmal verschwindet der Mittelteil des Streptokokkenkettchens, als wenn er sich aufgelöst hätte. Dasselbe ist nunmehr unterbrochen und in der Bresche zeigt sich eine undeutliche Struktur,

1) Amrusch, Über eine Zooglöa-Form der Tuberkelorganismen. Med. Jahrbücher, 1886.

Digitized by Google

aber trotz des eifrigsten Nachsuchens keine Spur von dem fehlenden Teile des Streptokokkenkettchens. Darauf fährt ein ziemlich grofses Infusorium an den beobachteten Zooglöarand und verdeckt zum Teile das Beobachtungsfeld. In den benachbarten Teilen der Zooglöa erscheinen hierauf Kokken in mäfsiger Menge, während der mehr innen gelegene Teil derselben nur das obengeschilderte undeutliche Aussehen zeigt. Hier ist also ein Teil einer Streptokokkenkette verschwunden, während nicht weit davon eine Anzahl von Kokken in Sicht trat, und zwar an einer Stelle, an welcher vorher bestimmt keine zu sehen waren, nachdem aber ein verhältnismäfsig grofses Infusorium in der nächsten Nähe anlief.

Strohaufgufs: Stellen, an denen viele Spirillen angehäuft sind, müssen von der Beobachtung ausgeschlossen werden, da die vibrierenden Bewegungen derselben Anlafs zu Täuschungen geben können. An geeigneten Stellen der Zooglöa sieht man wiederum die undeutliche Struktur, die nicht durch einfache Verfilzung etwa vorhandener Elemente vorgetäuscht wird. Wo eine derartige Verfilzung vorkommt, ist sie mit Hilfe der Mikrometerschraube deutlich als solche zu erkennen. Die Färbung ist entweder diffus lichtblau oder zeigt einen Stich ins Rötliche, die einzelnen sichtbaren Bakterienformen sind entweder ganz durchgefärbt, oder zeigen verschiedene Strukturen. Man kann sehen (Taf. III Fig. 32), wie bei α die Konturen der Kokkenformen undeutlich werden, als ob dieselben zerfliefsen würden, binnen kurzem ist eine Anzahl derselben unsichtbar geworden. Nicht weit davon liegt bei β ein Stäbchen; auch dieses beginnt undeutlich zu werden, seine innere Struktur verwischt sich und in Bälde ist auch das Stäbchen verschwunden. Bei γ aber bemerkt man kurz darauf, dafs sich die Substanz stellenweise stärker zu färben anfängt, es macht den Eindruck, als wenn sie sich verdichten würde; thatsächlich erscheinen daselbst in kurzer Zeit hintereinander drei Kokken, von denen einer später sogar ein Körnchen in seinem Innern ausbildete. Eine Täuschung ist völlig ausgeschlossen, da ich den Tubus des Mikroskopes in derselben Ebene zu erhalten suchte und ununterbrochen beobachtete. Auch die Methylenblaufärbung trägt

Digitized by Google

viel zu der gröfseren Deutlichkeit der geschilderten Vorgänge bei. Wiewohl diese Beobachtungen nicht ganz leicht sind, so bereiten sie doch keine unüberwindlichen Schwierigkeiten. Einige Übung in der Beobachtung lebender Objekte setzen sie freilich voraus.

Um Wiederholungen zu vermeiden, citiere ich keine weiteren Beobachtungen über die Veränderungen der Zooglöen, obwohl ich über eine Reihe derselben verfüge, da nur die äufsere Seite derselben variiert; im Wesen ist es nur ein Deutlicher- oder Undeutlicherwerden, ein Verschwinden und Neuauftauchen von Formelementen in der umgebenden Grundsubstanz.

Die Beobachtungen Strickers werden also durch meine Erfahrungen vollauf bestätigt. Es kann daher als gesichert gelten, dafs die Zooglöa ein Syncytium darstellt, in welchem die beiden Komponenten, die geformten Elemente und das strukturlose Plasma die Fähigkeit besitzen, ineinander zu übergehen.

Auf ähnliche Beobachtungen glaube ich auch die Ausführungen Winklers[1]) über die Entstehung von Bakterien und Bakterienplasmodien zurückführen zu dürfen, welche auch an Zooglöen ausgeführt worden sind.

Somit besteht die Zooglöa aus einer lebenden Grundsubstanz und die in derselben enthaltenen Bakterien verhalten sich, Strickers und meinen Beobachtungen an lebenden Froschleukocyten gemäfs, analog den Zellkernen derselben. Wenn somit heute noch behauptet wird, dafs die Grundsubstanz der Kolonien durch Zusammenfliefsen der Bakterienkapseln entsteht, wie dies Serkowski[2]) that, so entspricht dies nicht in jedem Falle dem wirklichen Thatbestande.

Ob freilich die oben angeführte Definition für jede Zooglöa Geltung hat, kann ich bis jetzt nicht angeben. Man kann einzelne Zooglöen sehr lange beobachten, ohne eine Veränderung an ihnen gewahr zu werden.

Berücksichtigen wir aber, was früher betreffs der Analogien des morphologischen Aufbaues, des tinktoriellen Verhaltens und

1) W. Winkler, Unters. über d. Wesen d. Bakterien etc. Centralbl. f. Bakteriol., II. Abt., V. Bd., 1899.

2) Serkowski, Obudowie kolonii bakteryjnych. Pamiętnik Towarzystwa lekarsk. warszawsk. Sv. XVC, 1901.

Digitized by Google

der chemischen Konstitution der Bakterien angeführt worden ist, und verbinden wir dasselbe mit den ebencitierten Beobachtungen an Zooglöen, so werden wir gewifs nicht umhin können den Schlufs zu ziehen, dafs die Bakterien Kernen analoge Gebilde sind.

Bevor ich schliefse, noch eine Bemerkung von allgemein biologischem Charakter. R. Hertwig[1]) hat den Satz von der Kontinuität des Chromatins, als Kontinuität des Zellkernes gedacht, ausgesprochen. Diese Frage ist auch in phylogenetischer Beziehung von Wichtigkeit. Bezüglich der Bakterien kann man freilich von einer Kontinuität des Kernes nicht sprechen, wohl aber von einer Kontinuität des Chromatins, dasselbe als morphologischen Begriff genommen. Ich habe mich bereits früher (Absatz I) dahin geäufsert, dafs man zwei, freilich nicht scharf getrennte Gruppen von Bakterien unterscheiden kann, eine körnchenarme und eine körnchen- und strukturenreiche. Ob und inwiefern sich diese Momente etwa für die Systematik ausnützen liefsen, mag dahingestellt bleiben. Soviel sei nur bemerkt, dafs, wenn man mit der chromatinarmen Gruppe (zu welcher vor allem die Coccaceaen gehören) anfängt, man bis zu den Beggiatoen eine ununterbrochene Stufenleiter herstellen kann, die sich weiterhin auch auf die Cyanophyceaen ausdehnen läfst, bei welchen Massart[2]) in einer dankenswerten Arbeit, ebenso wie ich bei den Beggiatoen, zwar keinen Kern, aber eine strukturlose Plasmaanhäufung, die mitunter einige Chromatinkörner enthält oder aber auch überhaupt in solche differenziert sein kann, konstatiert hat. Die Chromatinkörnchen der Bakterien aber erklärte schon Migula (a. a. O.) für eine phylogenetische Vorstufe des Kernes.

Zum Schlusse sei mir gestattet, meinem hochverehrten Chef, dem Herrn Prof. Dr. G. Kabrhel für die Überlassung des vorliegenden Themas meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

1) R. Hertwig, Befruchtung und Konjugation. II. Jahresvers. der deutschen zool. Ges. Berlin, 1892.

2) Massart, Sur le protoplasme des schizophytes. Recueil de l'instit. bot. d'Errera. Bruxelles, 1902.

Digitized by Google

Erklärung der Tafel II und III.

Tafel II. Fig. 1. Bacillus Zenkeri (Proteus Zenkeri)
a) nach Babes,
b) nach meiner Methode,
c) vitale Färbung.
» 2. Bacterium anthracis.
» 3. Bacillus subtilis.
» 4. Bacillus mycoides
a) aus alter Agarcultur,
b) erste Gelatine-Plattengeneration aus dem Boden.
» 5. a) Mikrococcus luteus,
b) Mikrococcus viticulosus,
c) ein Mikrococcus aus der Luft,
d) Mikrococcus aureus (staphylococcus pyog. aur.),
e) lange Form aus einer 24 Stunden alten Glycerinagarkultur,
f) aus derselben nach 63 Stunden,
g) aus derselben nach 87 Stunden.
» 6. Pseudomonas aeruginosa (Bac. pyocyaneus).
» 7. Bacterium radicosum.
» 8. Bacterium tuberculosis (alte Glycerinagarkultur).
» 9. Bacillus coli (Bact. coli commune).
» 10. Bacillus mesentericus.
» 11. Bacterium rhinoscleromatis.
» 12. Bacillus typhosus
a) Gelatinekultur,
b) Kartoffelkultur.
» 13. Bacillen aus einem Strohaufgusse.
» 14. Bacillus sulcatus.
» 15. Bacterium amethystinum.
» 16. Bacterium margarittaceum.
» 17. } Aus einem Strohaufgusse.
» 18. }
» 19. Bacillus megaterium.

Digitized by Google

Fig. 20. Spirillen aus faulendem Wasser.
» 21. Spirillen aus einem Strohaufgusse.
» 22. Bakterien aus Sumpfwasser.
» 23. Sarcina citrina.
» 24. Mikrospira comma (Vibrio cholerae).

Tafel III. Fig. 25. Ein rötlicher Schimmelpilz aus dem Boden. Nähere Erklärung im Texte.
» 26. Ein weifser Schimmelpilz aus dem Boden. Verschiedene Strukturverhältnisse.
» 27. Ein weifser Schimmelpilz aus dem Boden
a) gröfsere metachromatische Körner,
b) aus der Membran hervortretende Körnchen,
c) Netzstrukturen.
» 28. Weifser Schimmelpilz. Strukturenverhältnisse.
» 29. Rötlicher Schimmelpilz aus dem Boden. Teilung eines Körnchens.
» 30. Strukturbilder des im Texte beschriebenen Luftkokken.
» 31. Aus stagnierendem Wasser. 1, 2 Beggiatoen. Die Zeichnung ist in den Dimensionen zu klein ausgefallen. α, β, s färbbare Körnchen.
» 32. Zooglöa aus einem Heuaufgusse. B etwa 20 Minuten später als A. Buchstabenerklärung im Texte.

Sämtliche Bilder bei der Vergröfserung Oc. 4. Obj. homog. Immersion $^1/_{18}$ Reichert.

Infolge eines unliebsamen Mifsverständnisses sind die Tafeln anstatt in Farben — nur im Schwarzdrucke reproduziert worden, wodurch in der Tafel III die im Texte erwähnten Metachromasien leider nicht zum Ausdrucke gelangt sind.

Digitized by Google

Die Wirkung kurzdauernder Douchen und Bäder auf den respiratorischen Gaswechsel beim Menschen.

Zum Teil nach Versuchen von Dr. **K. Miyairi** aus Tokio mitgeteilt

von

Max Rubner.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Das Interesse, welches man an den hygienischen Verhältnissen des Badens und der Bäder nimmt, ist vielfach ein recht ungenügendes. Es beschränkt sich mehr auf die Betrachtung des Bades als gelegentlichen Faktors einer Krankheitsübertragung, als auf die erheblich wichtigere positive Seite, die Gesundheitsförderung durch das Bad.

In erster Hinsicht kann allerdings zugegeben werden, dafs namentlich was die Flufsbadeanstalten anlangt, dieselben vielfach in recht zweifelhaften Gewässern angelegt sind. Neuerdings hat Spitta auf Grund eingehender Versuche wieder auf das Unzutreffende hingewiesen, in verunreinigten Flüssen solche Volksbadeanstalten zu belassen [1]. Die Quellen für Infektionsmöglichkeiten liegen hier, wo zumeist ja die Abwässer von Städten in Frage kommen, nahe genug.

Auch bei geschlossenen Schwimmbädern bestehen manche Einrichtungen, die noch einer Remedur bedürfen. Vor Jahren hat Edel zuerst durch Untersuchungen, die in meinem Laboratorium ausgeführt worden sind, die bakteriologischen Verhältnisse

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XLV, S. 64.

Digitized by Google

solcher Anstalten geschildert[1]) und Sorger hat später eine recht objektive Darstellung dieser Frage an der Hand wertvoller eigener Beiträge geliefert.[2])

Hier spielt vor allem das, was an der Haut haftet, eine wichtige Rolle; diese Stoffe können trotz einer dem Schwimmbad vorhergehenden oberflächlichen Reinigung durch Abdouchen u. s. w. an Menge und Art nicht unbedenklich sein.

Auch über die Reinheitsbedürftigkeit der Haut haben die Untersuchungen von Edel eine zahlenmäfsige Grundlage geschaffen. Die bakteriologische Unreinlichkeit der Haut ist auch bei Personen, welche ihre Haut nicht vernachlässigen, eine bedeutende. Hierzu trägt einerseits die Aufsenwelt durch Staub und Schmutz, der den Körper berührt, anderseits die Selbstverschmutzung durch sich lockernde Epidermis, Schweifs und Talg, Harn, Kot das ihrige bei.

Über solche Quellen der Verunreinigung haben die Untersuchungen Cramers[3]) ein anschauliches Bild gegeben.

Gegenüber den Schwimmbädern treten die Übelstände bei den Wannenbädern mehr zurück; es gehört im allgemeinen bereits ein erhebliches Mafs von Unreinlichkeit des Betriebes dazu, um Krankheitsstoffe zur Übertragung zu bringen, wenn man nur die öffentlichen Badeanstalten, nicht die Verhältnisse, wie sie in Krankenanstalten bestehen, in Betracht zieht. Allerdings bedürfte nach meiner Erfahrung die Qualität des Wassers, welches von manchen Badeanstalten benutzt wird, eines erhöhten Interesses. Denn es läfst sich nicht bezweifeln, dafs vielfach die billigen Grundwässer aus solchen Brunnen, die man für den Genufs als unzulässig ansehen würde, für Badezwecke benutzt werden.

Der Reinigungseffekt hängt aber von einer ganzen Reihe von Nebenumständen ab. Zunächst wesentlich von der angewendeten Temperatur, welche einen bedeutenden Einflufs auf die

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XIX, S. 225.

2) Leopold Sorger, Inaugural-Dissert. Hygien. Institut Freiburg i. B., 1899.

3) Über die Beziehung der Kleidung zur Hautthätigkeit. Archiv f. Hygiene, Bd. X, S. 282.

Digitized by Google

Quellung der Haut ausübt, wie Spitta[1]) näher dargelegt hat, und erlaubt, die oberen Epidermisschichten zu beseitigen, weiter aber von der Anwendung der Seife, mag man dieser einen höheren oder geringeren Desinfektionsgrad zubilligen, und naturgemäfs von der Beschaffenheit des Wassers, was seinen Härtegrad anlangt.[2])

Wahrscheinlich bedingt aber der Umstand, dafs die Haut in Abhängigkeit von der Temperatur eine sehr energische Wasserabgabe im Bade aufweisen kann[3]), gleichfalls Unterschiede des erzielten Reinheitsgrades.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs die reichliche Ablösung der obersten Schichten verhornter Epidermis zu einer Steigerung der Neubildung dieser Elemente anregt. Denn man kann bei täglich wiederholten Bädern immer wieder diese Erscheinungen der sich ablösenden Epidermisschichten sehen, wenn deren Menge auch nicht so bedeutend sein mag wie bei Personen, welche ein Reinigungsbad lange Zeit entbehrt haben.

Aber all die bisher berührten Vorgänge bei dem Baden im Wasser sind doch nicht solche, welche das Hauptinteresse beanspruchen sollten, wie dies oft geschieht. Weit bedeutungsvoller, weil sie den positiven Wert der Hautpflege betrifft, ist die Frage der gesundheitlichen Rückwirkung des Bades auf den Menschen, Akte, die sich in der blofsen Reinhaltung des wärmeregulierenden Organes allein nicht erschöpfen.

Der täglichen Hautpflege kommt unzweifelhaft ein ganz hervorragender Anteil an der Gesunderhaltung des Menschen zu. Es liegt aber offenbar im Zuge der Zeit, dafs man dieser Aufgabe keineswegs von hygienischer Seite ein solches Mafs von Interesse entgegenbringt, wie es die Sache beanspruchen dürfte. Die Pflege der personellen Hygiene scheint Vielen etwas mehr oder minder Nebensächliches; es fehlt an kräftigem, zielbewufstem Eintreten für die Notwendigkeit der Gesundheitsmehrung; und ebenso am Streben, diesen Vorgängen, die freilich oft sehr ver-

1) Spitta, Archiv f. Hygiene, Bd. XXXVI, S. 45.
2) Rubner, Zeitschr. f. gerichtl. Mediz., 3. Folge, XXIV, Suppl., S. 135.
3) Spitta, a. a. O.

Digitized by Google

wickelter Natur sind, durch das Experiment eine Grundlage zu geben.

Die Sitten der Hautpflege sind verschieden, bei manchen Völkern wird dem kühlen und kalten Wasser hauptsächlich der Wert, gesund zu erhalten, zugeschrieben; neben den eigentlichen Volksgebräuchen haben sich aber auch besondere Methoden eingebürgert, die aus den Systemen der Kaltwasserbehandlung in die Allgemeinheit übernommen worden sind, wie die Douche, die kalten Übergiefsungen und Waschungen.

Aber auch das warme und hochwarme Bad an sich findet sich als Volksgebrauch wie z. B. in Japan.[1]) Inwieweit diese verschiedenen Gewohnheiten das erstrebte Ziel erreichen, das müfste erst durch genauere Analyse des Effektes einzelner Gebräuche festgestellt werden.

Mit der üblichen Anschauung die Einwirkung des Badens u. s. w. bezwecke die Abhärtung, läfst sich die Materie nicht erschöpfend erklären, zumal es sich, wie oben erwähnt, gar nicht einmal allgemein um die Anwendung kühlen Wassers handelt.

Allerdings ist sie bei uns die Regel und ich möchte nicht verkennen, dafs insoweit die Abhärtung eine Gewöhnung an Kältereize bedeuten kann, das kühle Wasser diesen Zweck nicht verfehlen wird. Indes habe ich nie verhehlt, dafs an sich die periodische Wärmeentziehung durch kaltes Wasser in dieser Form eine völlig adäquate Schulung der Haut für die anderweitigen Kältereize (Zugluft u. s. w.) nicht bedeutet. Immerhin steht durch die Erfahrung fest, dafs die systematische Behandlung durch Bäder u. s. w., wirklich in der genannten Beziehung Vorteile bringt, deren Mechanismus freilich in seinen Wegen nicht völlig aufgeklärt erscheint.

Soweit unsere Sitten der täglichen Hautpflege, wie sie durch die Anwendung kühlen Wassers geübt werden, in Betracht kommen, so lehrt die genaue praktische Beobachtung, dafs wenigstens auch die kurzdauernde Kaltwasserbehandlung des Körpers zum

1) Bälz, Über das heifse Bad etc. Verhandl. d. XII. Kongresses für innere Medizin, 1893.

Digitized by Google

mindesten einen recht nachhaltenden Effekt psychischer Natur auf die »Stimmung« besitzt.

Die wohlthätigen Wirkungen äufsern sich in erster Linie bei den morgendlichen Waschungen und bei Kindern und jungen Leuten in der Beseitigung des Dämmerzustandes, in dem viele Personen nach dem Erwachen sich befinden. Diese ermunternde Wirkung hat entschieden erzieherische Bedeutung.

Sie hält meist längere Zeit nach, indem das Kraftgefühl und die Lust zur Thätigkeit auf geistigem wie körperlichem Gebiet zunimmt. In diesem Rahmen ist sie ein der Gesundheit förderliches Mittel.

Die Wirksamkeit ergibt sich aber nicht allein ex juvantibus, sondern auch ex nocentibus.

Der Gebrauch des kalten Wassers überschreitet manchmal die Grenzen das bekömmlichen; dann kann es zur Unruhe und Aufgeregtheit führen, zu schlechtem Schlaf und zu anämischen Zuständen.

Mit Recht hat in neuester Zeit Hecker gegen die planlose und forcierte Anwendung solcher Mittel bei Kindern Verwahrung eingelegt.[1])

Eine Äufserung der Badewirkung, die mit dem Vorhergesagten in nicht zu verkennendem Zusammenhange steht, ist des öftern bereits Gegenstand der Untersuchung gewesen. Die Wärmeproduktion, Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme, hat eine nähere Prüfung erfahren, welche eine wenigstens bei protrahierten Bädern kräftige Einwirkung nicht verkennen läfst.[2])

Es schien mir mit Bezug hierauf nicht ohne Wert, eine erneute Prüfung vorzunehmen unter dem Gesichtspunkte, die Bäder und andere Einwirkungen ähnlicher Art auf den Menschen genau unter solchen Bedingungen, wie sie im praktischen Leben uns entgegentreten, in ihrer Rückwirkung auf respiratorische Vorgänge zu behandeln.

1) Münchner mediz. Wochenschrift, 1902, S. 1908.

2) Näheres siehe bei A. Löwy, Pflügers Arch., 46, S. 189; H. Winternitz, Klin. Jahrbuch, 1899.

Digitized by Google

Es kam hierbei nicht darauf an, die erste shokartige Wirkung, namentlich des kühlen Wassers, zu vermeiden, sondern es sollte die ganze Periode des Badeaktes in ihrer Rückwirkung festgestellt werden.

Die Wirkungen eines kühlen Bades und einer Douche sind in der ersten und zweiten Minute andere als späterhin; ein heifses Bad wirkt im Laufe der Zeit, wenn die Bluttemperatur erheblich gestiegen ist, ganz anders als in den ersten Minuten des Gebrauches.

Auf Grund dieser Überlegung ergab sich von selbst, dafs bei dieser Fragestellung nur eine Untersuchungsweise Platz greifen durfte, welche auch für wenige Minuten Dauer noch vergleichende Resultate erlaubt. Dafür schien mir der Apparat von Zuntz geeignet.

Da mancherlei Schwankungen an den Normalwerten vorkommen, so mufs man viele Einzelexperimente ausführen, um einen brauchbaren Mittelwert zu erhalten. Gleichartiger werden die Ergebnisse beim Liegen in absolutester Muskelruhe; dieser Zustand hat aber insoferne etwas Unnatürliches, als eine solche Muskelruhe beim normalen Menschen niemals, auch meist nicht im Schlafe beibehalten wird. Wollte man also nicht den Effekt, den die Bäder ausüben, unnatürlich durch Vergleich mit dem absolut Ruhenden erhöhen, so blieb nichts anderes übrig, als eben von der Respirationsgröfse des Sitzenden oder Stehenden auszugehen und wir wählten das Letztere. Die zunächst mitzuteilenden Versuche hat Herr Dr. Miyairi aus Japan im Jahre 1898 ausgeführt.

Da die Versuchsperson an die Hautpflege gewöhnt war, können die Ergebnisse als solche angesehen werden, wie sie bei ständiger Pflege der Haut sich ergeben. In der ersten Zeit des Trainierens würden demnach noch gröfsere Wirkungen als die verzeichneten zu erwarten sein.

Die Versuche dauerten sämtlich zwischen 200—300 Sekunden. Die Resultate wurden einheitlich auf eine Stunde gerechnet. Wir liefsen es bei den kürzeren Zeiträumen auch bei den heifsen Bädern, da Dr. Miyairi dies mit den Gewohnheiten der Japaner im Gebrauch hochwarmer Bäder wohl vereinbar hielt.

Digitized by Google

Versuchsperson I.

I. Die Wirkung der Douche.

Die Douche wurde im Durchschnitte bei einer Wassertemperatur von 16° angewandt. Die Versuchsperson beobachtete zuerst stehend die geatmete Luftmenge, Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme. Alsdann wurde die Kleidung abgelegt und die Douche in Thätigkeit gesetzt. Die Versuche wurden gröſstenteils vor dem Mittagessen ausgeführt, einer auch nach der Mahlzeit. Nachstehende Tabelle gibt eine Zusammenstellung.

Tabelle I

Respirationsversuche, Wirkung einer Douche von 16° betreffend.

Mittelwert, stehend, vor der Mahlzeit.

Nr.	Liter Luft	CO_2	O	Q
7	790	17,0	20,5	0,82
8	783	14,5	16,4	0,88
9	801	18,0	22,0	0,81
16	823	18,5	20,2	0,91
24	828	18,2	19,5	0,93
	805	17,2	19,7	0,87

Mittelwert, stehend, nach d. Mahlzeit.

Nr.	Liter Luft	CO_2	O	Q
14	876	18,8	23,3	0,80
15	833	21,2	24,6	0,89
30	799	19,2	22,7	0,84
	836	19,7	23,5	0,84

Douchewirkung.

Versuch nach der Mahlzeit mit * bezeichnet.

Nr.	Liter Luft	CO_2	O	Q
10	1106	37,6	37,6	1,00
17	1321	43,6	41,6	1,05
25	1305	47,6	45,0	1,06
*31	1313	45,9	45,3	1,01
Mittel	1261	43,7	42,4	1,03
Vor d. Essen	1244	42,9	41,4	1,02
Nach d. Essen	1313	45,9	45,3	1,01

Atemvolumen, Kohlensäureausscheidung, Sauerstoffaufnahme (stets in Litern angegeben) und respiratorischer Quotient lassen vor und nach der Mahlzeit, wie zu erwarten, groſse Unterschiede wahrnehmen.

Digitized by Google

Das geatmete Luftvolumen nahm zu nach der Mahlzeit um 3,8 %
die Kohlensäureausscheidung um . . . . 14,5 %
die Sauerstoffaufnahme um . . . . 19,3 %
der respiratorische Quotient war etwas gefallen.

Demgegenüber waren die Veränderungen durch die Douche — vor der Mahlzeit —

Zunahme des Atemvolums	+	54,5 %
» » CO_2 . . .	+	149,4 %
» » O	+	110,1 %
Respiratorischer Quotient .		0,87 : 1,02.

Die Douche hatte demnach das Atemvolumen aufserordentlich gesteigert, besonders stark aber die Kohlensäureausscheidung und etwas weniger die Sauerstoffaufnahme. Der Quotient hat sich im Sinne lebhafterer Kohlehydratverbrennung verschoben. Durchweg sind, wie ich bemerken möchte, die Atemvolumina in den Ruheversuchen und ohne Bad sehr hohe; allein es wiederholte sich diese Eigentümlichkeit in allen Experimenten dieser Versuchsperson.

Die Einwirkung stellt sich demnach als eine aufserordentlich kräftige dar; gewifs werden die verschiedenen Formen der Applikationen mancherlei Unterschiede aufweisen, aber soweit hygienische Gesichtspunkte in Betracht kommen, dürften die vorliegenden Zahlen ein anschauliches Bild liefern.

II. Die Wirkung kurzdauernder Bäder.

Wie erwähnt, wurde das Bad in der Form angewandt, wie man in praxi dabei vorzugehen pflegt. Der Vergleichsversuch wurde dabei teils stehend, in anderen Fällen sitzend ausgeführt.

Zunächst mögen die Ergebnisse der Vergleichsversuche vor und nach der Mahlzeit angeführt sein.

(Siehe Tabelle II auf S. 398.)

Nach der Mahlzeit nahm zu

das Atemvolumen	+	8,1 %
die CO_2 . . .	+	14,1 %
die O-zehrung .	+	10,2 %

Tabelle II.

Mittel der Respirationsversuche, stehend, vor der Mahlzeit.					Mittel der Respirationsversuche, stehend, etwa $1^1/_2$ Std. nach Mahlzeit.				
Nr.	Liter Luft	CO_2	O	Q	Nr.	Liter Luft	CO_2	O	Q
88	872	24,8	27,3	0,90	46	909	24,1	25,9	0,93
55	804	23,3	25,3	0,92	47	733	20,5	22,7	0,90
78	719	22,6	26,2	0,89	48	905	28,0	29,9	0,93
84	729	19,0	21,9	0,86	63	873	25,8	27,1	0,95
85	683	18,4	20,8	0,88	73	720	21,2	26,3	0,80
94	796	19,1	22,7	0,84	74	781	23,4	26,6	0,88
95	756	23,0	26,5	0,87	90	799	22,8	27,6	0,82
111	892	22,7	25,0	0,91	104	779	22,2	24,9	0,89
112	818	18,0	20,3	0,88	119	1000	28,5	28,5	1,00
127	798	20,7	23,9	0,87	120	940	27,6	29,6	0,93
144	861	21,9	24,5	0,89	136	892	22,3	25,9	0,86
Mittel	784	21,2	24,0	0,84	Mittel	848	24,2	26,8	0,89

Der Unterschied ist im Mittel etwas kleiner als in der ersten Reihe.

Die Verhältnisse über die Respiration während des Bades enthält die folgende Tabelle:

Tabelle III.

Generaltabelle über das Baden.

Pro Stunde.

	Bade-temperat.	Liter Luft	CO_2	O	Q
Vor der Mahlzeit .	—	784	21,2	24,0	0,84
Nach der Mahlzeit .	—	848	24,2	26,8	0,89
Bad	16°	1003	37,4	37,8	1,00
»	30°	832	26,5	28,7	0,93
»	33°	812	22,8	27,4	0,90
»	41°	939	25,3	28,2	0,90
»	44°	969	30,0	29,8	1,00

Digitized by Google

Mittel der Respirationsversuche beim Badenden, die nach der Mahlzeit ausgeführten Versuche mit * bezeichnet.

Nr.	Liter Luft	CO_2	O	Q
39	1132	41,9	41,8	1,01
49*	870	34,8	36,1	0,96
56	1039	37,4	36,4	1,02
64*	976	35,5	35,5	1,00
16°	1003	37,4	37,3	1,00
18	888	23,1	29,3	0,78
75*	834	29,2	26,2	1,11
79	760	28,5	31,5	0,90
86	847	25,4	28,0	0,91
30°	832	26,5	28,7	0,93

Nr.	Liter Luft	CO_2	O	Q
91*	798	24,4	29,1	0,83
96	787	21,3	27,6	0,77
105*	850	22,8	25,5	0,89
33°	812	22,8	27,4	0,90
113	907	23,6	26,7	0,88
121*	970	26,2	30,6	0,86
129	941	26,3	27,3	0,97
40°	939	25,3	28,2	0,90
137*	948	30,3	29,9	1,01
145	990	29,7	29,7	1,00
44°	969	30,0	29,8	1,00

Wenn man die Wirkungen des Bades berechnen will, so sind zunächst die Normalwerte ohne Bad zu bestimmen; da dabei solche Experimente vor und nach der Mahlzeit in Frage kommen, so mögen zunächst die entsprechenden Mittelwerte berechnet werden. Wir haben:

bei 16°, Mittel des Normalversuchs (zwei vor der Mahlzeit, zwei nach derselben zu Grunde gelegt) = 816 l Luft, 22,7 CO_2, 25,4 O; Q = 0,86,

für 30° (ein Versuch nach der Mahlzeit, drei Versuche) = 775 l Luft, 21,9 CO_2, 24,7 O und 0,85 Q,

für 33° (zwei Versuche nach der Mahlzeit, einer vorher) = 827 l Luft, 23,2 CO_2, 25,8 O, 0,87 Q,

für 40° (ein Versuch nach der Mahlzeit, zwei vor derselben) = 809 l Luft, 22,2 CO_2, 24,9 O; Q 0,86,

für 44° (ein Versuch vor, einer nach der Mahlzeit) = 816 l Luft, 22,7 CO_2, 25,4 O; Q = 0,86.

Digitized by Google

Die prozentigen Zuwächse sind für die Bäder:

	Luftmenge	CO_2	O	Q
bei 16°	+ 22,9	+ 64,8	+ 46,8	0,86 : 1,00
30°	+ 7,3	+ 31,0	+ 16,2	0,95 : 0,93
33°	+ 1,8	— 1,8	+ 6,2	0,87 : 0,90
40°	+ 16,1	+ 13,9	+ 13,2	0,86 : 0,90
44°	+ 18,8	+ 32,1	+ 17,3	0,86 : 1,00.

Daraus folgt: die Bäder von 16° vermehren die Atmung, Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme bedeutend; der Quotient nimmt zu.

Bei 30° ist die Wirkung sehr erheblich in jeder Richtung herabgesetzt.

Bei 33° charakterisiert sich das Bad im wesentlichen als indifferentes Bad. Die gefundenen Unterschiede rechtfertigen wenigstens keinen sicheren Schlufs auf eine »charakteristische« Veränderung.

Bei 40° und noch mehr bei 44° nimmt Atmung, Kohlensäureproduktion und Sauerstoffzehrung wieder zu.

Der respiratorische Quotient zeigt in allen Fällen, ob kaltes, ob warmes Bad, eine geringe Zunahme.

Vergleicht man Douche und Bad, so ist die Wirkung der ersten aufserordentlich viel gröfser.

Wasser 16°

	Douche	Bad
Atemvolumenzunahme	+ 54,5	+ 22,9
CO_2	+ 149,4	+ 64,8
O-verzehrung . . .	+ 110,1	+ 46,8.

Die Douche wirkt über doppelt so stark wie ein Bad derselben Dauer und derselben Temperatur.

Die praktische Beobachtung lehrt, dafs mit dem Akt der Bäder selbst die Wirkung auf den Menschen nicht abgeschlossen sein kann. Schon eingangs wurde auf die psychischen Änderungen verwiesen, die sich unzweifelhaft geltend machen.

Bei langdauernden Bädern ist eine Nachwirkung freilich aus anderen Gründen zu erwarten, weil solche von niederer Temperatur wenigstens das Wärmegleichgewicht stören, und ein nicht

Digitized by Google

unerhebliches Sinken zum mindesten der Temperatur peripherer Schichten herbeiführen, welche dann durch eine Reaktion des Körpers und wahrscheinlichen Mehrverbrauch an Stoffen abgeglichen werden kann.

Die kurze Einwirkung des Bades in unseren Versuchen kann damit freilich nicht in Parallele gestellt werden.

Aber gerade weil eine solche tiefgehende Alteration der Wärmeökonomie hier fehlen mufs, hat der Gedanke, die Nachwirkung des Bades festzustellen, ein vielleicht sogar gröfseres Interesse als bei längerer Wirkung.

Zu diesem Behufe sind zumeist je eine Stunde nach der Badewirkung Respirationsversuche angestellt worden.

Die Atmung, CO_2-Ausscheidung und Sauerstoffzehrung ist auch ohne andere Einflüsse gewissen Schwankungen unterworfen. Am regelmäfsigsten verläuft die Respiration im nüchternen Zustande, längere Zeit nach der Mahlzeit.

Die Steigerung tritt ein nach der letzteren und verliert sich dann allmählich, worüber Zuntz und seine Schüler eine grofse Zahl von Analysen mitgeteilt haben.

Im Nachstehenden habe ich die Experimente betreffs der Nachwirkung nach solchen, die vor der Mahlzeit und nach derselben angestellt worden sind, geschieden.

Die ersten führt die nachstehende Tabelle auf, aus deren Hauptwerten Tabelle IV zusammengestellt wurde.

(Siehe Tabelle IV auf S. 402.)

Vorliegende Werte lassen bei unserer Versuchsperson eine wesentliche Nachwirkung, was das Atemvolumen anlangt, bei der Douche, dann bei Bädern, von 30—33° vermissen.

Bei Bädern von 16° ist eine gewisse Zunahme des Atemvolumens als Nachwirkung zu sehen, das hängt aber mit einem etwas aus der Reihe fallenden Wert des Versuches Nr. 45 zusammen; so dafs man als Gesamtresultat vielleicht richtiger das »Fehlen« einer Nachwirkung mit Ausnahme der Versuche bei 40—44°, wo deutlich eine Verminderung vorliegt, aussprechen darf.

Digitized by Google

Tabelle IV.

Versuche über Luft- und Sauerstoffverbrauch (vor der Mahlzeit)
vor dem Bade und etwa 1 Stunde nach demselben.

Nr.	Luft	O		Nr.	Luft	O
9	801	22,4	Douche 16°	12	799	21,5
16	822	20,2		21—22	753	19,2
24	828	19,4		29	803	19,7
	817	20,7			785	20,2
38	872	27,5	Bad 16°	45	995	27,9
55	804	25,3		62	854	27,8
	838	26,4			924	27,9
78	718	26,2	Bad 30—33°	89	714	20,7
84/85	705	21,3		99	734	23,9
94/95	776	23,5				
	733	23,7			724	22,3
111	892	24,5	Bad 40—44°	117	772	20,8
127	798	23,9		134	755	17,0
144	861	24,5		147	782	22,7
	850	24,3			769	20,2

Vergleichung des Luft- und Sauerstoffverbrauches vor dem Bade und etwa 1 Stunde nach dem Bade. (Versuche vor der Mahlzeit.)

		Liter	O
Douche 16°	vorher	817	20,7
	nachher	785	20,2
Bad 16°	vorher	838	26,4
	nachher	924	27,9
Bad 30—33°	vorher	733	23,7
	nachher	724	22,3
Bad 40—44°	vorher	850	24,3
	nachher	769	20,2

Im Sauerstoffverbrauch kann man nur für die hochwarmen Bäder, 40—44°, eine Abnahme des ersteren nach dem Bade als sicherstehend nachweisen.

Digitized by Google

Die Experimente nach der Mahlzeit sind nur wenig zahlreich.

Nur bei der Douche und bei dem Bad von 16° scheint wenigstens, was den O-Verbrauch betrifft, etwa noch eine geringere Mehrung als durchschnittliches Resultat vorzuliegen. Im übrigen ist die an sich nach der Nahrungsaufnahme einsetzende Abnahme des Atemvolumens und der Sauerstoffzehrung in der Überhand geblieben.

Tabelle V.

Versuche (nach der Mahlzeit)

vor dem Bade und nach demselben.

Nr.	Luft	O		Nr.	Luft	O
30	799	22,7	Douche 16°	37	691	23,2
46—48	848	26,2	Bad 16°	53	830	29,5
90	799	27,6	Bad 30—33°	82—83	636	20,5
103—104	830	27,4		93	735	26,5
				110	780	22,6
	814	27,5			717	23,2
119—120	970	29,0	Bad 40°	126	866	25,5
136	892	25,9	Bad 44°	142	799	20,0

Die Nachwirkung der untersuchten Bäder ist also in dieser Versuchsreihe eine nicht sehr beachtenswerte; der Körper stellt sich bald wieder auf die vor dem Versuch gegebenen Werte ein. Ich werde später zeigen, dafs es trotzdem irrig wäre, jede weitere Nachwirkung auf die Atmung leugnen zu wollen.

Insoweit also die nicht zu bezweifelnden Nachwirkungen auf die »Stimmung« und Arbeitslust bestehen, äufsern sie sich eben in einer Mehrung des Stoffumsatzes hier nicht, weil die Versuchsperson absichtlich alle Muskelbewegungen ausschlofs. Somit können wir sagen, beruhen die Nachwirkungen, unter diesen Gesichtspunkten betrachtet, nicht in einer langwirkenden Änderung des Chemismus der ruhenden Menschen, sondern in der belebenden Wirkung und in einer Bewegungslust, die namentlich bei den kühlen Bädern in erster Linie entgegentritt.

Digitized by Google

Versuchsperson II.

Die vorstehend berichteten Versuche von Dr. Miyairi geben ein übersichtliches Bild einer kurz dauernden Hautpflege etwa unter den Bedingungen, wie sie sich bei Personen, die eben täglich oder in kurzen Intervallen das Bad und die Douche anzuwenden pflegen. Es ist nicht anzunehmen, daſs Waschungen und Übergieſsungen wesentlich andere Folgen haben werden, höchstens käme hierbei noch das mechanische Moment der Abreibung und Muskelbewegung verstärkend hinzu.

Es war mir aber erwünscht, noch an einer Person mit starkem Fettpolster eine Wiederholung der Versuche durchführen zu lassen.[1]) Es ist dies durch Dr. Wolpert geschehen. Dabei sind einige Abänderungen insofern getroffen worden, als die Vergleichsversuche an der liegenden Person ausgeführt und die Versuchszeiten, wo eine Störung der Resultate nicht befürchtet werden durfte etwas verlängert wurden, ohne aber damit aus dem Rahmen »kurzer Zeiten« zu sehr herauszufallen.

Zunächst wurde der Mittelwert (nur vor der Mittagmahlzeit, und mehrere Stunden nach dem einfachen Frühstück) im Liegen in der trockenen Wanne und im Stehen festgestellt.

Die Unterschiede waren recht beträchtliche.

Tabelle VI.

Gaswechsel beim Liegen oder Stehen.

(Person H.) Pro Minute in ccm.

	Zeitdauer	Atemfrequenz	Atemgröſse	CO_2 Ausscheid.	O-Aufnahme	Respirat. Quotient
Mittelwert						
Liegen . .	—	18	7 196	247	292	0,85
Stehen . .	6′ 42″	14	11 910	363	398	0,91
Stehen . .	6′ 42″	13	11 269	327	366	0,90
Mittel, stehend	—	—	11 589	345	382	0,90

Für das Atemvolumen beim Stehen mehr + 61,0 %
für CO_2 + 39,6 %
» O + 30,8 %

1) Versuche sind in den Morgenstunden ausgeführt.

Die Bäder wurden nach sechs Temperaturen abgestuft und bei 18° noch ein Vergleich für die Douche zugefügt.

Tabelle VII.

Badeversuche. Person H.

(Werte pro 1 Minute.) Juli 1899.

Temp.	Dauer	Atem-frequenz	Atem-gröfse	CO_2-Produktion	O-Aufnahme	Respirat. Quotient
			ccm	ccm	ccm	
43°	4' 48"	24	16 479	442	419	1,05
40°	6' 24"	18	11 188	374	387	0,97
36°	7' 00"	20	11 514	332	426	0,78
28°	5' 00"	16	16 520	512	456	(1,12?)
22°	5' 30"	17	15 327	536	581	0,92
18°	4' 48"	16	16 063	578	545	0,96
Douche 18°	4' 12"	17	18 190	555	653	0,85
Normalwert	—	18	7 196 [1]	247	292	0,85

Die Atemfrequenz blieb zwischen 18°—28° unverändert und stieg bei 43° sehr erheblich an. Die Atemvolumina dagegen waren in allen Badeversuchen weit bedeutender als im Normalversuch. Ein Minimum liegt bei 36—40°, aber auch dieses ist höher als die Werte der Normalversuche. Temperaturen zwischen 36—40° zeigen kaum beachtenswerte Unterschiede, dagegen der Versuch bei 43° einen erheblichen Zuwachs. Unter 36° war das Volumen gestiegen, aber nicht proportional der kühleren Temperatur. Nur die Douche macht wieder einen wesentlichen Zuwachs.

Die CO_2-Ausscheidung zeigt Zuwächse in allen Fällen gegenüber dem Normalversuch, am bedeutendsten bei 43° und unter 28°. Die O-Aufnahme war fast in allen Fällen gesteigert, die Zahlen für 36°—43° lassen typische Unterschiede nicht erkennen, wohl aber steigt unter 28° die Sauerstoffzehrung allmählich an, am erheblichsten unter dem Einflusse der Douche.

Die Wirkung auf die Atmung ist bei den hochwarmen Bädern stärker hervortretend als ihre Wirkung auf den Sauerstoffverbrauch.

---

1) Für die Rechnung aufgerundet = 7,2 l.

Digitized by Google

Die Douche ist nicht nur nach der persönlichen Empfindung beurteilt, sondern in ihrer leicht zu messenden Steigerung des Atmungsvorgangs bedeutungsvoller.

Die prozentige Veränderung ist in dieser Reihe natürlich viel gröfser als bei der ersten Versuchsperson, weil wir nicht von dem stehenden Menschen, sondern von dem liegenden ausgegangen sind. Man kann sich aber, wenn man diesen Umstand berücksichtigt und mittels der S. 404 gegebenen Werte die entsprechende Berechnung vornimmt, überzeugen, dafs die thatsächlichen Unterschiede zwischen beiden Personen nicht sehr erheblich sind.

Ebenso übersichtlich gestaltet sich der Vergleich, wenn wir die absoluten Zahlen neben einander stellen.

Tabelle VIII.

Vergleich der beiden Versuchspersonen.

Pro Stunde berechnet. (Liter.)

Art der Versuche	Person	Luft	O	Qu.
Bad				
43°	M	969	29,8	1,00
	H	990	25,1	1,05
40°	M	939	28,2	0,90
	H	671	23,2	0,97
30—28°	M	832	28,7	0,93
	H	990	27,4	1,12
16°	M	1003	37,3	1,00
	H	964	32,7	0,92
Douche				
16—18°	M	1261	42,4	1,03
	H	1092	39,2	0,85

Daraus ergibt sich: nur die Extreme der Temperaturen sind bei kurzen Bädern von erheblicher Wirkung, sowohl hinsichtlich des Atmungsvorganges als auch hinsichtlich der Sauerstoffzehrung.

Regelmäfsig eine Stunde nach der Wasserwirkung wurde bei dem Manne, nachdem er sich abgetrocknet hatte, und im Ruhezustande in den Kleidern verblieben war, die Nachwirkung

Digitized by Google

gemessen. Sie ergibt sich ohne weiteres, wenn man die Normalwerte mit diesen Ergebnissen vergleicht.

Tabelle IX.

Nachwirkung 1 Stunde nach dem Bad im Liegen.

Nach d. Bade von Temp.	Dauer	Atemfrequenz	Atemgröfse	CO_2-Produktion	O-Aufnahme	Respirat. Quotient
43	9′ 30″	19	8 095	291	280	1,04
40	12′ 12″	16	6 558	200	311	0,64
36	10′ 00″	17	7 810	266	348	0,76
28	8′ 30″	14	10 506	341	419	0,81
22	9′ 00″	17	8 922	286	357	0,80
18	7′ 30″	14	10 147	360	376	0,96
Douche 18	7′ 42″	13	10 130	238	358	0,67

Gefunden wurde das vorstehend aufgeführte Ergebnis. Die Gröfse der Hauptwirkung (H) und Nachwirkung (N), eine Stunde nach einem Bade, läfst sich am übersichtlichsten vergleichen, wenn man für alle Fälle die relativen Zahlen bildet, die Normalwerte = 100 gesetzt.

Tabelle X.

Änderung des Atemvolumens und des Sauerstoffverbrauchs,
den Normalwert = 100 gesetzt (abgerundete Werte)

Temp.	Atemvolumen		Sauerstoffverbrauch	
	H-Wirk.	N-Wirk.	H-Wirk.	N-Wirk.
43	129	12	43	— 4
40	55	— 9	32	6
36	60	8	46	19
28	129	46	56	43
22	118	24	99	22
18	123	41	87	29
18	152	41	124	23

Die Nebenwirkung beträgt in Prozent der Hauptwirkung:

Tag	Sauerstoffzehrung
36—43	9 %
18—28	32 %

1) Entsprechend der kurzen Dauer der Versuche sind wesentliche Änderungen der Körpertemperatur nicht konstatiert worden; sie war bei hochwarmem Wasser um mehrere Zehntel gestiegen, bei 18° analog abgesunken.

Digitized by Google

Für die Nachwirkung läfst sich dabei erkennen, dafs dieselbe, was das Atmungsvolum anlangt, nur bei den warmen Bädern so gut — wenigstens praktisch betrachtet — wie fehlt (+ 4,4 %). Darunter hebt sie sich auf 29,4 % bei diesem Manne. Beim Sauerstoffverbrauch war in fast allen Fällen, die Temperatur 40 und 43° ausgenommen, eine solche Nachwirkung gegeben. Zwischen 18—28° machte sie im Mittel noch 32 % der Hauptwirkung aus.

Kühle Bäder sind aber, was die absoluten Werte dieser Nachwirkung anlangt, stärker von Einflufs als die warmen.

Diese Versuchsperson hat sich, was die Hauptwirkung des Bades, Steigerung der Atemgröfse und der Sauerstoffzehrung anlangt, ähnlich der umfangreicher untersuchten ersten Person verhalten. Nur sind die Ausschläge bedeutender, was zum Teil darauf zurückgeführt werden dürfte, dafs die betr. Person keineswegs eine sonst sorgfältig gepflegte und trainierte Haut besafs. Abgesehen hiervon, scheint sich aber die Nachwirkung prinzipiell verschieden zu verhalten, bei der ersten Versuchsperson war sie nach 1—1½ Stunden abgeklungen, hier deutlich erhalten.

Bei den Bädern von 40—43° ist hier keine Nachwirkung zu sehen, während bei dem Manne M zweifellos sogar eine Verminderung der Atmung und der Sauerstoffzehrung eingetreten war.

Das differente Ergebnis der Wirkung (quantitativ) und Nachwirkung (qualitativ) beruht aber keineswegs auf prinzipiellen Unterschieden, sondern auf der ungleichen Berechnungsweise. Denn im ersten Falle haben wir als Vergleichsmafs die aufrecht stehende, im zweiten Falle die liegende Person genommen.

Die Antwort auf die gestellte Frage also lautet, dafs in allen Fällen, ob kaltes oder überwarmes Wasser angewendet war, dem Ruhenden oder Liegenden gegenüber eine Nachwirkung besteht. Am geringsten ist sie im allgemeinen bei Bädern über 36°, wie oben schon bemerkt. Sie hat aber mit der absoluten Temperatur des angewandten Bades in den angeführten Fällen keinen innigern Zusammenhang, wie man aus den Zahlen im

1) Winternitz, a. a. O., S. 18, findet nach kürzer dauernden hochwarmen Bädern (1—2 Stunden später) zwar kaum eine Mehrung des Atemvolumens, aber noch einen vermehrten Sauerstoffverbrauch.

Digitized by Google

allgemeinen, besonders aber nach jenen über die Nachwirkung der Douche wohl behaupten darf.

Wie lange sie über die ersten $1^1/_2$ Stunden nach dem Bade hinausreicht, mufs ich offen lassen; dafs sie mit dieser Grenze nicht glattweg abschneidet, liegt auf der Hand.

Die beobachtete Änderung in der Atmung und des Sauerstoffverbrauchs ist in ihren Ursachen nicht endgültig aufgeklärt. Dem Anschein nach war die Person bei den Experimenten nach dem Bade unzweifelhaft ruhig. Ob aber nicht doch das Gefühl der Erfrischung nach dem Bade andere Spannungen der Muskeln bedingt, die trotz der anscheinenden Ruhe eine Mehrung des Stoffwechsels bedingen, mufs ich dahingestellt sein lassen. Jedenfalls haben wir aber eine Nachwirkung in mefsbaren Gröfsen erwiesen. Praktisch würde sich, wie ich schon oben auseinandersetzte, eine gröfsere Mehrung einer solchen ergeben müssen, wenn man dem Menschen volle Freiheit seiner Bewegung liefse und diese gröfsere Lebhaftigkeit der Bewegungen, selbst in exakter Weise zu messen vermöchte, was vielleicht Gegenstand einer andern Untersuchung werden kann.

Wie gesagt, war die Nachwirkung von anderer Ordnung, wenn man von dem stehenden, also mehr Muskelleistung liefernden Menschen in der Berechnung ausgeht; um dies darzulegen, füge ich für zwei Temperaturen die Rechnung mit der stehenden Person als Normalversuch bei.

Tabelle XI.

Änderung des Atemvolumens und des Sauerstoffverbrauchs,
den Normalwert (stehend) = 100 gesetzt.

	Atemvolumen		Sauerstoffverbrauch	
	H-Wirk.	N-Wirk.	H-Wirk.	N-Wirk.
43	+ 42,0	— 30,3	9,6	— 26,7
18	+ 37,9	— 12,6	42,6	— 1,6

Die Nachwirkung, auf den stehenden Menschen bezogen, war in den vorliegenden Zahlen sogar fast überall negativ, d. h. die erwähnte Person verbrauchte weniger Luft und Sauerstoff (siehe S. 403). Am stärksten war die Verminderung bei 43°, am kleinsten, fast verschwindend, sind die Differenzen bei 18°. Man wird also

Digitized by Google

im allgemeinen bei ähnlichen Versuchsanordnungen recht genau darauf achten müssen, ob das, was man Normalversuch nennt, an sich vergleichbar sei.

Das kurz dauernde Bad und die Douche sind von wesentlichem Wert für die Lungengymnastik, indem sie das Atemvolumen, wenn hohe und niedrige Temperatur des Wassers zur Anwendung kommen, augenscheinlich beeinflussen. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen tritt auch der Umstand der Vertiefung der Atmung als bedeutungsvolles Moment entgegen.

Die Förderung der Lungenthätigkeit ist namentlich für solche Leute, welche durch den Stubenaufenthalt und den Aufenthalt in schlechter, verdorbener und hochfeuchter Luft zu leben gezwungen sind, ein wenn auch nicht völliges, so doch immerhin auch nicht zu unterschätzendes Surrogat für andere, die Lungenlüftung fördernde Einflüsse.

Dieser Wert der Hautpflege wird noch mehr gewürdigt werden durch die Ergebnisse der in den beiden nachfolgenden Abhandlungen von Wolpert niedergelegten Untersuchungen, in denen der Beweis erbracht wird, dafs das, was wir empirisch schlechte Luft nennen, also solche, die Ausatmungsluft des Menschen oder Verbrennungsgase von Beleuchtungsmaterial aufgenommen hat, nicht so indifferent für den Körper sich verhält, wie Viele anzunehmen geneigt sind. Hätte man statt nach unbestimmbaren chemischen Produkten zu suchen, sich auf die mefsbaren Wirkungen des menschlichen Organismus beschränkt, so hätte man den Trugschlufs, dafs schlechte Luft überhaupt eine imaginäre Gröfse sei, nicht zu machen brauchen.

Die schlechte Luft übt eine Depression auf die Atemvorgänge und auf die Stoffwechselvorgänge. Die Hautpflege ist im Gegensatz dazu als Correktiv zu betrachten, wenn sie auch natürlich, das was bei tagelangem Aufenthalt in geschlossenen Räumen an Nachteil entsteht, nicht völlig paralysieren kann.

Es ist aber auch wieder am Platze, besonders zu betonen, dafs das Wasser allein zwar sehr viel zur Hebung unseres Wohlbefindens beitragen kann, dafs wir aber, wie so oft in biologischen Dingen, vicarierende, sich ersetzende Einflüsse finden, welche be-

Digitized by Google

liebig vertauscht werden können und in physiologischer Richtung doch gleichwertig sind. Ich habe in dieser Beziehung des öfteren schon auf die abhärtende Wirkung der Luftbewegung hingewiesen. Ich habe namentlich bei den Untersuchungen über die Bekleidung betont, dafs ihre rationelle Beschaffenheit einen bedeutenden Einflufs auf die Haut auszüben in der Lage ist und dafs die Luftbewegung durch die homogene Beschaffenheit der Kleidung bis an die Haut dringen soll, um diese an den Luftreiz zu gewöhnen.

Wir überschätzen auch in solchen Dingen überall die akute Wirkung. Was nicht sofort in ein paar Stunden oder ein paar Tagen eine fühlbare Änderung erzeugt, gilt vielen als belanglos. Und doch handelt es sich in zahlreichen Fällen in gesundheitlichen Dingen nicht um solche Wirkungen, wie sie dem Arzte bei den starken Arzneimitteln sehr geläufig sind, sondern um chronische Wirkungen. Einen solchen chronischen Einflufs äufsert auch die freie Luftzirkulation in unserer Kleidung, er ist nicht minder bedeutungsvoll, wie jener des Wassers.

»Die bewegte Luft ist unleugbar ein bedeutungsvoller Einflufs auch um deswillen, weil sie die Haut gerade nach der Richtung hin abzuhärten im stande ist, nach welcher jene Eingriffe, welche wir als Zugverkältung bezeichnen, zu erfolgen pflegt. Die Abhärtung der Haut durch Bäder und Waschungen ist wichtig, aber ebenso wichtig, wenn nicht bedeutungsvoller ist die Abhärtung durch den Luftstrom. Dieser kann vicarierend für die Wasserabhärtung eintreten. Die Landleute haben fast alle eine besser funktionierende, d. h. stärker abgehärtete Haut wie die Städter: aber ebenso bekannt ist auch die Abneigung gegenüber der Körperwaschung beim niederen Volke. Wer sich aber in luftdurchgängiger Kleidung und namentlich im arbeitenden Zustande den Luftströmungen aussetzt, kann auch erreichen, dafs seine Haut den wechselnden thermischen Anforderungen sich anpassen lernt.«[2])

---

1) Archiv f. Hygiene, XXXII, S. 125.

2) Rubner, Klimatologisches und Physiologisches. Handbuch der physikal. Therapie. Goldscheider u. Jacob, I, S. 49.

Digitized by Google

Nähere zahlenmäſsige Angaben über die Wirkung bewegter Luft finden sich in Versuchen, die Wolpert in meinem Laboratorium ausgeführt hat. Sie ist bei verschiedenen Temperaturen verschieden. Bei 15—18° Lufttemperatur kann ein Wind von 8 m Geschwindigkeit die Atmung, Kohlensäureausscheidung und O-Aufnahme um 20% steigern. Hierbei ist namentlich darauf zu verweisen, daſs die Luftbewegung eine sehr langdauernde Änderung unseres Stoffwechsels und der Lungenthätigkeit herbeiführen kann.

Die Kaltwasserbehandlung der Haut kann sich natürlich in Combination mit zweckmäſsiger »Luftbehandlung« zu einer Summierung der Wirkung vereinigen, sie ist aber häufig für den Städter, der der Luftbehandlung weniger sich aussetzt, immerhin ein Surrogat der letzteren und zwar eines von Bedeutung.

1) Archiv f. Hygiene, XLIII, S. 38.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

YD 11576

~~BIOLOGY LIBRARY~~

754917

RA421
A75
v.46

PUBLIC
HEALTH
LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

Digitized by Google